



Ekosystemtjänsterna luftrening och bullerreducering i urban miljö

– potentiella växtval för Bergsgatan i Malmö

Air purification and noise reduction in urban environment – a guide towards vegetation selection for Bergsgatan, Malmö

Matilda Hellwer

Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Landskapsarkitekturprogrammet

Alnarp 2021



Ekosystemtjänsterna luftrening och bullerreducering i urban miljö – Fallstudie på Bergsgatan i Malmö

Ecosystem services air purification and noise reduction in urban environment

- Case study on Bergsgatan in Malmö

Matilda Hellwer

Handledare: Anna Levinsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för
landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Johanna Deak Sjöman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för
landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur

Kurskod: EX0845

Program/utbildning: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Matilda Hellwer

Nyckelord: Reglerande ekosystemtjänster, luftföroreningar, buller, gaturum, vegetation, hälsa, växtmaterial, träd, buskar, markvegetation, gröna väggar, gröna tak, trädbälten.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

Större delen av världens befolkning bor i städer och det är en trend som ser ut att fortsätta framöver. Klimatet och utmaningarna i städer skiljer sig mot landsbygden och luftföroreningar och buller är två negativa faktorer som det ofta är högre nivåer av i urbana miljöer. Naturen kan hjälpa till att minska de nivåerna med hjälp av ekosystemtjänster.

Syftet med arbetet har varit att diskutera litteratur kring de reglerande ekosystemtjänsterna luftrening och bullerreducering. Faktorer kring växters karaktär och utbredning har diskuterats, utifrån det har slutsatser dragits kring vilka egenskaper och kriterier som gör en växts luftrening och bullerreducering mer effektiv. Studier kring lämpliga växtval lyfts mot varandra i litteraturstudien och resulterade i två växtlistor. Utifrån förutsättningarna på Bergsgatan i Malmö har möjligheter till att förbättra miljön med hjälp av vegetation diskuterats.

Litteraturen kring luftrening och bullerreducering av växter var till viss del begränsad, många studier var gjorda utanför Skandinavien. Inga källor hittades för växtval utifrån svenskt klimat, forskningen var framförallt ifrån USA och Asien vilket gör att en del av växtvalen litteraturen tar upp inte är lämpliga i Sverige. Flera studier lyfte städsegröna växter som mest effektiva på luftrening. Några andra faktorer som var avgörande för växtens upptag av luftföroreningar var bladarean, hur länge bladets stomata är öppen samt partikelstorlek. Det fanns väldigt lite litteratur kring växtval utifrån bullerreducering, fakta som istället lyftes var vilken bredd vegetationen behövde för att ha effekt. Stadsrum är oftast smala och innehåller högre halter av luftföroreningar, då är lämplig vegetation gröna väggar och gröna tak. Andra faktorer som spelade roll var utbredningen, bladorientering och tätheten i ett bestånd.

Nyckelord: Reglerande ekosystemtjänster, luftföroreningar, buller, luftkvalitet, bullerreducerande.

Abstract

The majority of the world's population lives in cities and this is a trend that looks set to continue in the future. The climate and challenges in cities differ from the countryside and air- and noise pollution are two negative factors that are often higher in urban environments. Nature can help reduce those levels with the help of ecosystem services.

The purpose of this work has been to discuss literature on the regulating ecosystem services air purification and noise reduction. Factors regarding the nature and distribution of plants have been discussed, based on which conclusions have been drawn about which properties and criteria that make a plant's air purification and noise reduction more effective. Studies on suitable plant choices are highlighted in the literature study and resulted in two plant lists. Based on the conditions on Bergsgatan in Malmö, opportunities to use the environment with the help of vegetation have been discussed.

The literature on air purification and noise reduction of plants was to some extent limited, many studies were done outside Scandinavia. No sources were found for plant selection based on Swedish climate, the research was primarily from the USA and Asia which means that some of the plant choices the literature addresses are not suitable in Sweden. Several studies highlighted evergreen plants as most effective at air purification. Some other factors that were decisive for the plant's uptake of air pollutants were leaf area, how long the leaf's stomata are open and particle size. There was very little literature on plant selection based on noise reduction, facts that were highlighted instead were what width the vegetation needed to have for an effect. Urban spaces are often narrow and contain higher levels of air pollutants, then suitable vegetation is green walls and green roofs. Other factors that played a role were the distribution, leaf orientation and density of a stock.

Keywords: Regulating ecosystem services, air pollution, noise pollution, noise reduction, air quality.

Förord

Under landskapsarkitektutbildningen har många kurser nuddat vid ämnet ekosystemtjänster och hur viktiga de är. Det är ett väldigt brett ämne med många olika aspekter som man kan lära sig mer om. Två aspekter som inte lyfts lika mycket är de reglerande ekosystemtjänsterna luftrening och bullerreducering. Därför väcktes ett intresse och en nyfikenhet för att skaffa en bredare kunskap kring ämnet och därav detta arbetet.

Tack till Malmö stads Fastighets- och gatukontor som var väldigt hjälpsamma och tillmötesgående. Tack till Emelie Gustafsson som fixade fram bullerkartor till mig och som gav peppning till fortsatt arbete med kandidaten.

Jag vill säga tack till min handledare Anna Levinsson som hjälpt mig genom arbetsprocessen och väglett mig framåt. Du har varit en väldigt härlig handledare som har fått mig att känna mig lugn och peppat mig när det har behövts med positiv feedback. Trots distansundervisningen som varit under pandemin har handledningstillfällena varit kvalitativa och givande.

Till sist ett stort tack till familj, vänner och pojkvän som stöttat mig och funnits där som stöd när skrivandet har varit svårt. Många härliga promenader i Alnarpsparken med fina vänner ifrån skolan har varit guld värda i det oftast fina vårvädret. Det nyöppnade Plantkaféet i Alnarpsgården har erbjudit kaffe och fika som har gett energi till att ta sig igenom de långa dagarna framför datorn i skolan.



Matilda Hellwer
Alnarp, 2021.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	9
Figurförteckning.....	10
Förkortningar	11
1. Inledning	12
1.1. Bakgrund.....	12
1.2. Mål, syfte och frågeställning	13
1.2.1. Målsättning	13
1.2.2. Syfte.....	13
1.2.3. Frågeställning.....	13
1.3. Material och metod	14
1.3.1. Litteraturstudie	14
1.3.2. Exempel Bergsgatan, Malmö	14
1.4. Avgränsning	14
1.5. Begreppsförklaring	15
2. Förutsättningar i urban miljö.....	17
2.1. Faktorer som påverkar människors hälsa negativt.....	17
2.1.1. Luftföroreningar.....	17
2.1.2. Buller	19
3. Reglerande ekosystemtjänster	22
3.1. Begreppet ekosystemtjänster	22
3.2. Luftkvalitet och vegetation.....	22
3.2.1. Växtval med fokus luftkvalitet	25
3.3. Bullerreducering och vegetation	27
3.3.1. Växtval med fokus bullerreducering.....	30
4. Exempel Bergsgatan i Malmö.....	32
4.1. Befintlig vegetation.....	33
4.2. Rumsliga förhållanden och vind.....	34
4.3. Barn och unga	35

4.4.	Föreningar Bergsgatan.....	37
4.5.	Bullernivå Bergsgatan	38
5.	Diskussion.....	41
5.1.	Lämpliga växtval i urban miljö	46
5.2.	Metoddiskussion	47
5.3.	Slutsatser.....	48
	Referenser.....	50

Tabellförteckning

Tabell 1. Växtval effektiva på PM upptag, växter utifrån Saebo et al. (2013).....	26
Tabell 2. Växtval effektiva på PM upptag, växter utifrån Saebo et al. (2013).....	26
Tabell 3. Växters PM upptag Norge, växter utifrån Saebo et al. (2012).....	26
Tabell 4. Växters PM upptag Polen, växter utifrån från Saebo et al. (2012).....	27
Tabell 5. Befolkningsstatistik längs med Bergsgatan, Malmö. Hämtat från SCB befolkningsstatistik 2013-2018 och visualiserat/utlästs i ARCGIS. Visar hur många personer som bor intill Bergsgatan, samt åldersfördelningen. Siffrorna är framtagna av Matilda Hellwer.....	35
Tabell 6. Sammanställning växtval för luftrening. Växterna är hämtade från följande studier Przybysz et al., 2014; Saebo et al., 2013; Saebo et al., 2012; Svensson och Eliasson, 1997 & Deak Sjöman och Östberg, 2020.....	44
Tabell 7. Sammanställning växtval för bullerreducering, utifrån Horoshenkov et al., (2013) & Benkreira et al. (2011).	45

Figurförteckning

Figur 1. Bergsgatan är markerad i rött från Södra Förstadsgatan till Amiralsgatan. Satellitbilden visar omgivande kontext i Malmö. Google Earth, hämtad 2021-05-19.....	32
Figur 2. Möllevångstorget intill Bergsgatan, Malmö. Foto av Matilda Hellwer, 2021-04-23.....	33
Figur 3. Mittrefug på Bergsgatan, Malmö. Foto av Matilda Hellwer, 2021-04-23.....	33
Figur 4. Mittrefug på Bergsgatan, Malmö. Foto av Matilda Hellwer, 2021-04-23.....	33
Figur 5. Bergsgatans ungefärliga bredd utmarkerat på fem olika ställen. Pilen visar att den mest dominerade vindriktningen i Malmö är västlig. Södra Förstadsgatan är närmast i bild och Amiralsgatan i slutet av Bergsgatan. Figuren är skapad av Matilda Hellwer.....	34
Figur 6. Visar på förskolor, grundskolor och gymnasieskolor intill Bergsgatan. Hämtat från Malmö stad (u.å.) karta över kommunala och fristående förskolor. Figuren är skapad av Matilda Hellwer	35
Figur 7. Befolkningsstatistik längs med Bergsgatan, Malmö. Hämtat från SCB befolkningsstatistik 2013-2018 och visualiserat/utlästs i ARCGIS. Se tabell 5. Figuren är skapad av Matilda Hellwer.....	35
Figur 8. Mätstation Bergsgatan 17, Miljöförvaltningen. Foto av Matilda Hellwer, 2021-04-23.....	37
Figur 9. Bergsgatan. Tung trafik, framförallt regionsbussar. Foto av Matilda Hellwer, 2021-04-23.....	37
Figur 10. Bulleranalys över Malmö kommun för ljudnivåer över 55 dB(A) där Bergsgatan har förstorats upp för att tydligare kunna utläsa vilka nivåer som råder på Bergsgatan. (Malmö stads åtgärdsprogram mot buller 2014- 2018. Sida 37, figur 4). Godkännande att använda bild mottogs via mail från Malmös Fastighet- och gatukontor den 2021-05-20.....	38
Figur 11. Bulleranalys över Malmö kommun för ljudnivåer över 65 dB(A) där Bergsgatan har förstorats upp för att tydligare kunna utläsa vilka nivåer som råder på Bergsgatan. (Malmö stads åtgärdsprogram mot buller 2014 2018. Sida 37, figur 5). Godkännande att använda bild mottogs via mail från Malmös Fastighet- och gatukontor den 2021-05-20.....	39

Förkortningar

dB	Decibel
PM	Partiklar (Particulate Matter)
µg	Mikrogram

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Urbanisering och klimatförändringar är två viktiga faktorer till att urbana miljöer utgör en tuffare växtplats för växter att växa och frodas i jämfört med omkringliggande landsbygd som oftast erbjuder en mer naturlig växtplats. Det är vanligtvis en hög andel trafik i städer vilket bidrar till en högre andel buller och luftföroreningar som påverkar både människor och växter negativt. Luftföroreningar kan leda till sjukdomar för både människor och växter. Dagligt buller påverkar människor både på kort- och långsikt och kan ge negativa hälsoeffekter. Trafiken har negativa konsekvenser för den biologiska mångfalden och ekosystemtjänster och gör det svårare att nå målen med en fungerande grön infrastruktur (Naturvårdsverket, 2021a).

Vi är beroende av naturen och de kvaliteter som den genererar. Ekosystemtjänster är de tjänster och råvaror som mänskligheten profiterar på från naturen och som vi är beroende av. Pollinering, mat, dricksvatten och rening av luft är några exempel på viktiga ekosystemtjänster som vi behöver (Naturvårdsverket, 2020a). Naturbaserade lösningar där man utvecklar eller skyddar ekosystem och främjar biologisk mångfald och mänskligt välbefinnande är väsentliga för att förbättra stadsmiljön (Naturvårdsverket, 2021b). I stadsplanering pekas grönområden ut som en övergripande lösning, men det finns brister i att man bortser från vikten av specifik vegetationsstruktur, sammansättning och förvaltning för att kunna förbättra utnyttjandet av ekosystemtjänsterna luftrening och klimatreglering (Vieira et al., 2018). Vi måste värna om de ekosystemtjänster som finns och bättre applicera dem i stadsplaneringen av våra urbana miljöer. Städer behöver byggas om för att bli mer hållbara och kunna klara framtidens klimatutmaningar (Sveriges miljömål, 2021).

I detta arbete har Bergsgatan i Malmö fungerat som studieexempel. Bergsgatan valdes utifrån dess utmaningar med buller och luftföroreningar, gatan är en av tre platser i Malmö som miljöförvaltningen har en mätstation på för att mäta luftföroreningar (Miljöförvaltningen, 2008). Malmö valdes utifrån att det är Sveriges tredje största stad och en av de snabbast växande storstäderna (Malmö stad, u.å.). Längs med Bergsgatan ligger bostäder och olika verksamheter i form av restauranger, närbutiker och handel. Intill gatan ligger två mindre torg samt Möllevångstorget som är ett större torg som omringas med restauranger och caféer,

måndagar till lördagar sker det torghandel på torget (Malmö stad, 2020). Därmed är det en bra plats för att undersöka hur växtlighet kan hjälpa till att förbättra miljön i en trafikerad gatumiljö där många rör sig dagligen. I Malmö stads åtgärdsprogram mot buller 2014-2018 lyfter de att det under 2011 var vissa delar av Bergsgatan där miljö kvalitetsnormen, MKN, för kvävedioxid överskreds (Malmö stad, 2013). Bergsgatan har höga trafikflöden vilket bidrar till högre bullernivåer och luftföroreningar. Det är en intressant plats att undersöka vilka effekter en applicering av lämpliga växter, utifrån aspekten ekosystemtjänster, skulle kunna bidra med för att förbättra livskvaliteten för de boende längs gatan (ibid).

1.2. Mål, syfte och frågeställning

1.2.1. Målsättning

Målet med arbetet har varit att diskutera och undersöka litteratur kopplad till luftföroreningar och bullerreducering och se vilken inverkan vegetation kan ha på en hårdgjord urban miljö. Arbetet resulterade i en växtlista med arter som är bättre lämpade för urbana miljöer. Utmaningarna med Bergsgatan är luftföroreningar och buller. Det resulterade i att växterna skulle ha egenskaper med fokus på luftrening och bullerdämpning.

1.2.2. Syfte

Syftet med arbetet var att öka kunskapen över vilka växtval som kan bidra till att minska luftföroreningar och buller i urbana gatumiljöer. Slutsatserna som har presenterats i arbetet kan ge vägledning och väcka diskussion kring utformning och omgestaltning av framtida och redan befintliga gaturum med brist på växtlighet, till att generera ett bättre och mer hälsosamt klimat. Arbetet är framförallt riktat till personer med yrken kopplade till planering av stadens grönytor.

1.2.3. Frågeställning

- Hur kan de reglerande ekosystemtjänsterna luftrening och bullerdämpning påverka en trafikerad urban miljö?
- Hur kan lämpliga växter hjälpa till att förbättra luftkvaliteten och sänka bullernivåerna på Bergsgatan i Malmö?

1.3. Material och metod

En litteraturstudie kring ekosystemtjänster och växter med specifika egenskaper kopplade till luftförorening och bullerdämpning har gjorts, och applicerats på Bergsgatan i Malmö. Arbetet har främst utgått från vetenskapliga artiklar och dokument från myndigheter och är utfört kvalitativt.

1.3.1. Litteraturstudie

En litteraturstudie om reglerande ekosystemtjänster med fokus på luftrening och bullerreducering har gjorts. Växter som är bättre lämpade för urbana miljöer har tagits fram i en litteraturstudie om lämpliga växtval, utifrån egenskaperna luftrening och bullerreducering. Fördelar och nackdelar med olika vegetationstyper, karaktärer och växtval har vägts mot varandra.

I litteraturstudien har följande sökord använts för att hitta relevant fakta kring det valda ämnet. Orden har kombinerats olika med varandra och bara två ord har använts i taget: Ekosystemtjänster/ecosystem services, växtmaterial/vegetation, urbana miljöer/urban environment, klimat/climate, temperature, buller/noise exposure, Bergsgatan i Malmö, air quality regulation/air pollution och urbanization.

Databaser som har använts är Scopus, Google Scholar och Web of Science. Samt SLU-bibliotekets söktjänst Primo. Databaserna gjorde det möjligt att hitta relevanta vetenskapliga artiklar som var trovärdiga och vetenskapligt granskade.

1.3.2. Exempel Bergsgatan, Malmö

Bergsgatan valdes ut som ett konkret exempel att undersöka på grund av dess utmaningar med en högre nivå av buller och utsläpp av kvävedioxid. Slutsatsen kring lämpliga växtval för Bergsgatan i Malmö drogs utifrån vilka ekosystemtjänster de kan bidra med, baserat på resultatet från litteraturstudien. Problematiken på Bergsgatan jämfördes med litteratur och experiment på andra platser med liknande problem för att ta fram vilka befintliga lösningar som lämpade sig på Bergsgatan. Fallstudien grundades i litteraturjämförelser och ett platsbesök som gav inblick i platsens uppbyggnad och förutsättningar.

1.4. Avgränsning

Huvudfokus i detta arbete ligger på den litteraturundersökning som behandlar växtval för att reducera luftföroreningar och buller. På grund av den tidsram som

funnits tillgodo för arbetet har ingen djupare analys genomförts vad gäller rumsliga förhållanden och vindens inverkan på Bergsgatan – båda mycket viktiga förutsättningar för hur pass mycket luftföroreningar som ansamlas eller skingras längs med gatan, eller hur ljud antingen minskar eller förstärks. Därför inkluderar arbetet en övergripande analys över dessa båda faktorer med hänsyn till att mer djupgående undersökningar görs inför en fysisk planering och projektering av vegetationsbyggnader i gaturum i syfte att till exempel minska luftföroreningar.

Avgränsningar i litteraturstudien vad gäller växtval har koncentrerats till de reglerande ekosystemtjänsterna luftrening, där partikelupptag varit i fokus, och bullerdämpning. Det är två viktiga aspekter att ta hänsyn till vid stadsplanering av urbana miljöer, i många storstäder är de två viktiga problem.

Den geografiska avgränsningen har varit Bergsgatan, Malmö på grund av dess utmaningar med buller och luftföroreningar, samt att det finns tillgänglig data vad gäller föroreningar och buller från en mätstation på gatan. Eftersom Bergsgatan är påverkad av både föroreningar och buller utgör den en intressant plats att undersöka i förhållande till vad växtlighet kan ha för effekt på en trafikerad gatumiljö där många rör sig dagligen.

1.5. Begreppsförklaring

- **Miljökvalitetsnormen, MKN:** Naturvårdsverket (2020b) ger följande förklaring: “Miljökvalitetsnormerna syftar till att skydda människors hälsa och miljön samt att uppfylla krav som ställs genom vårt medlemskap i EU. Regeringen har utfärdat en förordning med miljökvalitetsnormer (MKN) för utomhusluft, luftkvalitetsförordningen (2010:477).” (Naturvårdsverket, 2020b)
- **A-vägd ljudnivå, enhet dB (A):** Johansson et al. (2016) ger följande förklaring: “Vägt medeltal av ljudtrycksnivån inom det hörbara frekvensområdet mätt med vägningsfilter A enligt standarden SS-EN 61672-1. Anges i enheten dB. Som förkortat skrivsätt för A-vägd ljudtrycksnivå används även begreppet ljudnivå med enheten dB (A).” (Johansson et al., 2016)
- **Total bladarea:** Är ett mått på hur mycket blad eller barr ett träd har. Mängden blad och barr avgör hur mycket solljus växten kan ta upp, vilket i sin tur påverkar tillväxten för växten. Vid beräkning används Blad-Area-Index (Leaf Area Index, LAI). Indexet utgår ifrån tillväxthastighet utifrån

växtens tillgång till ljus och hur stor yta som bladen täcker upp, med andra ord krontäckningsgraden (Goude, 2019).

- **Stomata:** Annat ord för klyvöppningar. Dessa är mikroskopiska porer på växtens blad som kontrollerar växtens fotosyntes och transpiration. Öppningen och stängningen av porerna påverkar koldioxidupptaget och genomströmningshastigheten (Jayakody, 2021).
- **Trädbälte:** Flerskiktad trädridd som kan ha olika bredd och täthet. Båda faktorerna avgör i vilken grad trädbältet kan erbjuda ekosystemtjänster (Renterghem, 2014).

2. Förutsättningar i urban miljö

Inom städer finns olika mikroklimat som kan variera avsevärt från en gata till en annan. Faktorer som påverkar mikroklimatet kan vara formen, avståndet och orienteringen av byggnader (Deak Sjöman et al. 2015). En känd effekt som sker i städer och som påverkar det lokala klimatet är urban heat island effect, UHI-effekten. UHI innebär att den urbana lufttemperaturen är högre än för den omkringliggande landsbygden (Kleerekoper et al., 2012). Det finns olika faktorer som bidrar till högre temperaturer i städer än på landsbygden, till exempel kan strålning från solen absorberas och lagras i stadens olika material, på så vis fångas värmen upp och bidrar till att höja temperaturen. En annan faktor är att värme frigörs från olika förbränningsprocesser, såsom trafik och industrier och att det sker en lägre andel avdunstning i städer än på landsbygden på grund av den stora andelen hårdgjorda ytor, då det finns mindre av permeabla ytor och är en lägre andel vegetation. Stadens bebyggelse påverkar även vindflödena inom en urban miljö, då vindhastigheten minskar, och detta leder till att värmen inte transporteras bort lika effektivt från gatorna (ibid).

2.1. Faktorer som påverkar människors hälsa negativt

Vieira et al. (2018) skriver att den mänskliga befolkningen växer konstant och är framförallt centrerad till städer. Ökningen av befolkningen leder till en ökning av trafik och byggnation vilket bidrar till en högre andel luftföroreningar och buller. Miljön i städer utsätter människor för dagligt buller och olika halter av luftföroreningar vilket påverkar de boendes hälsa negativt (ibid).

2.1.1. Luftföroreningar

Luftföroreningar är ett stort problem i många städer och det bidrar till den globala uppvärmningen. Det påverkar även människors hälsa negativt och kan leda till en ökad risk för sjukdomar (Länsstyrelsen, 2017). I trafikerade delar av staden är det en större risk för att bli exponerade för högre halter av luftföroreningar från trafik och industrier (ibid). Det finns olika storlekskategorier för partiklar, Naturvårdsverket (2020c) lyfter följande två partikelstorlekar som vanliga i städer:

PM_{2,5}: Diameter mindre än 2,5 mikrometer (µm). Källa för utsläpp är framförallt industri- och förbränningsprocesser.

PM₁₀: Diameter mindre än 10 mikrometer (µm). Den partikelstorlek som förekommer i störst mängd. Källan till partiklarna kan vara från slitage av vägbana från dubbdäck.

Förhöjda halter av markozon, kvävedioxid och partiklar (PM_{2,5}/PM₁₀) kan orsaka andningsbesvär samt hjärt- och kärlsjukdomar. Barn är särskilt känsliga, partiklar kan ge barn hälsoeffekter i form av astma och försämrad lungutveckling (Naturvårdsverket, 2020c).

I en del kommuner runt om i Sverige överskrider MKN för PM₁₀. Halterna av PM_{2,5} ligger under MKN, de högsta halterna har uppmätts i södra Sverige (ibid). Naturvårdsverket gav 2018 avdelningen Yrkes- och miljömedicin vid Umeå universitet och IVL Svenska miljöinstitutet i uppdrag att undersöka och räkna på hur stor del av Sveriges befolkning som exponeras för luftföroreningar. Halter av PM_{2,5}, PM₁₀ och kvävedioxid undersöktes. Under 2015 beräknades 7600 dödsfall vara till följd av luftföroreningar. De beräknade samhällskostnaderna utifrån hälsoeffekterna från luftföroreningar uppskattades till ca 56 miljarder svenska kronor (Gustafsson et al., 2018). Sjöberg et al. (2009) har också skrivit en rapport över hur stor del av Sveriges befolkning som exponeras för PM_{2,5} och PM₁₀. I rapporten lyfter författarna en studie som uppskattar att det i Sverige är över 5000 personer som dör i förtid på grund av exponering av PM luftföroreningar. 2005 hade Sverige relativt låga koncentrationer av PM₁₀ i jämförelse med miljömålen bortsett från vissa delar av landet. I södra Sverige var koncentrationerna i nivå med miljömålen för 2010. Sveriges miljömål för PM₁₀ låg 2005 på 20 mikrogram per kubikmeter som årligt medelvärde. Bara 1 % av Sveriges befolkning upplevde att de exponerades för halter över 25 mikrogram per kubikmeter. I rapporten beräknas samhällskostnaden för hälsoeffekterna orsakade av luftföroreningar ligga på runt 26 miljarder kr per år (Sjöberg et al., 2009). I Regeringens skrivelse 2017/18:230, *Strategi för Levande städer - politik för en hållbar stadsutveckling*, har det genom beräkningar av hälsoeffekter kopplat till luftföroreningar tagits fram att 5 500 svenskar dör i förtid (Regeringen, 2018).

I Naturvårdsverkets rapport för miljömålen 2020 har de listat luftföroreningar och vilka halter som inte ska överstigas. För de fyra ämnena som lyfts i detta arbete är målen:

“Partiklar (PM_{2,5}): Halten av partiklar (PM_{2,5}) inte överstiger 10 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett åttatimmarsmedelvärde eller 25 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett timmedelvärde.

Partiklar (PM₁₀): Halten av partiklar (PM₁₀) inte överstiger 15 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett åttatimmarsmedelvärde eller 30 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett timmedelvärde.

Marknära ozon: Halten av marknära ozon inte överstiger 70 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett åttatimmarsmedelvärde eller 80 mikrogram per kubikmeter luft räknat som ett timmedelvärde.

Kvävedioxid: Halten av kvävedioxid inte överstiger 20 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett årsmedelvärde eller 60 mikrogram per kubikmeter luft beräknat som ett timmedelvärde (98-percentil).”

(Naturvårdsverket, 2020d)

2.1.2. Buller

Allt ljud räknas inte som buller, det är först när ljudet når en ljudnivå som upplevs jobbig eller störande som det räknas till buller. Vanligtvis behöver det pågå under en längre period för att inte räknas till ett tillfälligt högt ljud (Naturvårdsverket, 2021a). Buller är en del av vardagen i städer och påverkar människors hälsa (Carvalho & Szlafsztajn, 2018). Vidare skriver Carvalho och Szlafsztajn (2018) att regelbundet buller kan orsaka allt från irritation till hjärtsjukdomar och i vissa fall dödlighet. Det kan ha en negativ inverkan på arbetseffektivitet och sömn. Buller mäts i decibel, dB. Om bullernivån går över 65 dB anses det outhärdligt, när det över 85 dB kan det orsaka permanent hörselnedsättning vid regelbunden exponering (ibid).

Folkhälsomyndigheten (2019) lyfter liknande siffror kring långvarig exponering av buller men pointerar aspekten att personer är olika känsliga för höga ljudvolym. De anger att en del kan få hörselskador redan vid ljudnivåer på 75-80 dB(A), men att risken för hörselskador är större vid långvarig exponering över 85dB(A). Buller kan göra att det är svårt att uppfatta tal. Vissa personer och grupper har svårare att uppfatta tal om det inte är relativt tyst i bakgrunden (ibid). En annan hälsoeffekt är att buller kan höja en persons stressnivåer genom att det sätter igång stressreaktioner i kroppen som höjer nivån av stresshormoner i blodet. Folkhälsomyndigheten (2019) lyfter att studier visar att det på sikt kan orsaka hjärt- och kärlsjukdomar. Stressen kan orsaka ett höjt blodtryck och ge en ökad hjärtfrekvens.

En av de allvarigaste effekterna av buller är sömnstörningar. Störningar under sömnen kan precis som stress orsaka ett höjt blodtryck och ge en ökad hjärt- och pulsfrekvens (Folkhälsomyndigheten, 2019). Det kan även vara svårare att somna, orsaka en ytligare sömn samt påverka kroppsrörelser och andning under sömnen. Regelbundet buller påverkar inte sömnen lika mycket som oregelbundet buller. Folkhälsomyndigheten lyfter att det är 3,4 procent av Sveriges befolkning som störs i sömnen av trafikbuller (ibid).

När man talar om buller i stadsmiljö brukar man benämna ekvivalent ljudnivå och maximal ljudnivå. När man pratar om en ljudnivå som varierar över tid och medelvärde anges, då är det en ekvivalent ljudnivå. Den maximala ljudnivån är den högsta tillfälliga ljudnivån som uppstår under en viss tid (Malmö stad, 2013). En minskning på 2-3 dB(A) är den lägsta förändringen i ljudnivå som människor kan uppfatta. Sker det en förändring på 8-10 dB(A) upplevs det som en fördubbling eller halvering av ljudnivån (ibid).

I kapitel 8 ur propositionen *Infrastrukturinriktning för framtida transporter* (1996/97:53) lyfts nedanstående riktvärden som inte bör överskridas vid en väsentlig ombyggnation av trafikinfrastruktur eller vid nybyggnation. Texten lyder: "Riktvärdena angavs som långsiktiga mål.

- 30 dB(A) ekvivalentnivå inomhus,
- 45 dB(A) maximalnivå inomhus nattetid,
- 55 dB(A) ekvivalentnivå utomhus (vid fasad),
- 70 dB(A) maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad.

Vid åtgärd i järnväg eller annan spåranläggning gäller riktvärdet för

buller utomhus 55 dB(A) ekvivalentnivå vid uteplats och 60 dB(A) ekvivalentnivå i bostadsområdet i övrigt.

I de fall utomhusvärdena inte kan reduceras till nivåer enligt ovan, till exempel i stora tätorter med stadsstruktur, bör inriktningen vara att inomhusvärdena inte överskrids." (Naturvårdsverket, 2020e)

I Sverige exponeras 20 procent av befolkningen för trafikbuller över 55 dB ekvivalent ljudnivå, runt 2 miljoner beräknas bli exponerade utomhus vid bostadens fasad. Världshälsoorganisationen, (WHO: World Health Organization), anger att den genomsnittliga ljudnivån av trafikbuller utomhus inte bör överskrida följande för att skydda boende från allvarlig bullerstörning:

- 53 dB för vägtrafik
- 45 dB för tågtrafik
- 45 dB för flygtrafik

De presenterade nivåerna är lägre satta än vad de svenska riktvärdena är satta till (Folkhälsomyndigheten, 2021).

Barn och buller

SCB (2019) lyfter att det i framtiden kommer bo allt fler barn i storstadskommuner. Enligt deras befolkningsprognos kommer det vara en ökande trend de kommande tio åren. Folkhälsomyndigheten (2021) lyfter barn som en grupp som är särskilt utsatta för buller, de är mer känsliga för störande faktorer i omgivningen än vuxna. Barn utvecklas kontinuerligt under sin uppväxt, utvecklingen kan gå snabbt och under den perioden är barnen extra känsliga för yttre miljöfaktorer. Vilka hälsoeffekter det kan orsaka beror på tidpunkt i utvecklingen samt under hur lång tid barnet exponeras. Folkhälsomyndigheten (2021) nämner ett antal sjukdomar som har kopplingar till miljöstörningar som skett under barnets uppväxt. Några exempel är kognitiva störningar, benskörhet, hjärt- och kärlsjukdomar. Buller kan även ge hörselnedsättningar och tinnitus (ibid). Redan när barnet är ett foster i sin mammas mage kan det bli påverkat negativt av bullerexponering. Under graviditeten kan bullerexponering vid en ljudnivå över 85 dB ge barnet hörselskador. Bullerstörningar orsakar stress hos den gravida som kan öka risken för en tidig födsel och en för låg födelsevikt (ibid).

Sedan 2011 har andelen 12-åringar som har svårt att somna ökat. Folkhälsomyndigheten (2021) anger att 3,2 procent av 12-åringar uppger att de har svårt att somna. De lyfter att knappt 2 procent av ungdomarna vaknar av buller från trafik varje vecka. I dagens samhälle är det många barn som bor i bostäder med sovrumsfönster ut mot starkt trafikerade gator, 12 procent av barn i flerfamiljshus har det (ibid). Idag vistas barn generellt mindre i grönområden och spenderar en längre tid i trafiken. Från 2003 till 2019 har andelen barn som vistas i grönområden sjunkit från 78 procent till 49 procent. Grönska är stressreducerande och exponeringen för buller minskar i grönområden (ibid). I de nationella målen för barns miljörelaterade hälsa är fokus för målet "Boende och närmiljö" ett minskat trafikbuller och förbättrad luftkvalitet, samt tillgång till grönska (Folkhälsomyndigheten, 2021).

3. Reglerande ekosystemtjänster

3.1. Begreppet ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster är de tjänster och varor som människor tar del av från naturen och som vi är beroende av för att leva (SLU Artdatabanken, 2020). Det finns fyra olika kategorier av ekosystemtjänster som står för olika processer och tjänster. De fyra listas nedan med exempel på tjänster:

- **Försörjande:** Bioenergi, dricksvatten och råvaror som mat, etc.
- **Reglerande:** Pollinering, klimatreglering, luft- och vattenrening, etc.
- **Kulturella:** Hälsa, rekreation och naturarv, etc.
- **Stödjande:** Fotosyntes, biogeokemiska kretslopp och jordmånsbildning, etc. Stödjande ekosystemtjänster är en förutsättning för att försörjande, reglerande och kulturella ekosystemtjänster kan införlivas.

Begreppet ekosystemtjänster är till för att synliggöra de olika tjänsterna som naturen ger oss och som vi är beroende av (Naturvårdsverket, 2020a). I detta arbetet behandlas de reglerande ekosystemtjänsterna luftrening och bullerreducering.

3.2. Luftkvalitet och vegetation

Gómes-Baggethun och Barton (2013) anger att mer än hälften av världens befolkning bor i städer och att det år 2050 beräknas till att bli mer än två tredjedelar av världsbefolkningen som bor i städer. Luftföroreningar är ett stort problem runt om i världen och en stor andel kommer från industrier och bilismen. Författarna lyfter att vegetation förbättrar luftkvaliteten i städer genom att ta bort föroreningar i form av partiklar mindre än 10 mikrogram (PM₁₀), kvävedioxid, svaveldioxid, kolmonoxid och ozon (ibid).

Svensson och Eliasson (1997) framhäver att olika slags vegetation har olika förmågor att absorbera luftföroreningar. Det är skillnad på olika arter samt om växten är lövfällande eller städsegrön. De anger att bladskaft, kvistar och bladtytor samlar in partiklar mest effektivt. Växter med blad som har en hårig, skrovlig eller

klibbig yta är bra på upptag av partiklarna då de fastnar på bladet och hålls kvar. Författarna lyfter att växter kan filtrera partiklar eller binda dem till bladen samt att växter kan ta upp gaser eller vätskor via absorption (ibid). Carvalho och Szlafsztein (2018) anger att stadsträd och buskars potential att minska föroreningar är starkt beroende av trädets karaktär, det vill säga dess trädkrona, blad, stomata, storlek och trädhöjd.

Bolund och Hunhammar (1999) skriver om vad i trädets karaktär som gynnar filtreringskapaciteten. De anger att kapaciteten för att filtrera partiklar ökar vid en större bladarea. Kapaciteten är därmed högre för träd än för buskar eller gräsmarker. Svensson och Eliasson (1997) lyfter att vegetation med ett högt bladyteindex har störst kapacitet oavsett om det exempelvis är buskar eller träd. Barrväxter och andra städsegröna växter lyfts som mer effektiva luftrenare. Barrträd är bättre än lövträd då de har en större sammanlagd yta med barr än vad löven på ett lövträd har, samt att städsegröna växter inte tappar sina barr och blad på vintern. Nackdelen med barrträd är att de är känsliga för luftföroreningar till skillnad från lövträd som kan absorbera gaser bättre (ibid). Bolund och Hunhammar (1999) uppger precis som Svensson och Eliasson (1997) att barrträd har en större filtreringskapacitet än lövfällande träd på grund av att barren ger en större total yta, samt att kapaciteten är större då de behåller barren under vintern till skillnad från lövfällande träd som tappar sina blad. De anger också aspekten att barrträd är känsligare för luftföroreningar och lövträd är bättre på att absorbera gaser.

Svensson och Eliasson (1997) lyfter att gasutbytet hos en växt framförallt sker via växtens stomata. De anger att föroreningar som är mer vattenlösliga är lättare för växten att ta upp. Ämnen som lyfts som lättare för växter att ta upp är kvävedioxid och svaveldioxid medan kolmonoxid och kväveoxid lyfts som svårare. Fuktig väderlek ska göra det lättare för växten att absorbera föroreningar (ibid). Deak Sjöman och Östberg (2020) lyfter att kväveoxid och svaveldioxid främst absorberas via bladens stomata. Partiklar i storleken $PM_{2,5}$ och PM_{10} fastnar på växtens blad och försvinner när det sköljs av med regnvatten eller när bladen faller av. Przybysz et al. (2014) nämner också att regn spolar bort föroreningar från bladen och barren. Gómes-Baggethun och Barton (2013) presenterar aspekten att en växts stomata är stängda under natten och inte absorberar några föroreningar när de är stängda. Det gör att växten absorberar olika mycket de olika månaderna på året, då det är skillnad i hur många ljusa timmar det är under dagen (ibid). Även många träddarter stänger bladens stomata under mycket varma sommardagar som en strategi för att hushålla med vatten (Hirons och Thomas, 2017).

Bolund och Hunhammar (1999) lyfter en intressant riskaspekt för vegetation i urban miljö. De anger att det finns risker med tjock vegetation då det kan orsaka turbulens i luften, till skillnad från tunnare trädkronor som kan släppa igenom luften och

filtrera den. Wang et al. (2014) lyfter samma aspekt kring att stadsträd i gaturum kan leda till ökade koncentrationer av föroreningar. Vegetationen minskar luftventilationen som hjälper till att spä ut luftföroreningarna från trafiken. Dock ledde högpermeabla gröna barriärer till en betydande förbättring av luftkvaliteten. I artikeln lyfts en annan intressant aspekt kring att vegetation också kan ha negativa effekter i form av växters utsläpp av biogena flyktiga organiska föreningar (BVOC). Vid reaktioner med andra ämnen kan BVOC bidra till att bilda ozon (Wang et al., 2014). I en studie av Baik et al. (2012) undersöktes effekterna av gröna taks effekt på luftkvaliteten i gaturum. Studien utfördes i Seoul, Sydkorea där resultatet visade att sval luft som producerades av de gröna taken skapade en förstärkt ström av luft i gaturummet. Strömmen hjälpte till att fördela luftföroreningarna och koncentrationen av föroreningar minskade nära vägen (ibid).

I en studie utförd i Baltimore diskuterar Scott et al. (2017) vilken påverkan utsläppen av kvävedioxid, NO_2 , och ozon, O_3 , har på människors hälsa och hur växter kan hjälpa till att rena luften. Deras studie undersökte koncentrationerna av kvävedioxid och marknära ozon vid högre temperaturer. Det visade sig då att vegetation påverkar koncentrationen av de båda ämnena olika. Träddäckta områden hade avsevärt lägre koncentrationer av ozon i jämförelse med öppnare områden. Mätningarna av kvävedioxid visade istället att träd troligtvis inte kan göra någon större skillnad för minskningen av kvävedioxidkoncentrationerna i stadsparker och skogar i USA. En viktig aspekt som författarna lyfter i artikeln är att det finns olika saker som man bör beakta vid åtgärder som syftar till att minska luftföroreningar. Saker som bör beaktas är lokal variation i vegetationen, klimat, mikroklimat och trafikförhållanden (Scott et al. 2017). Bolund och Hunhammar (1999) hävdar också att vegetationens förmåga att minska luftföroreningarna beror på den lokala situationen samt vegetationens placering och struktur. Klingberg et al. (2017) har gjort en fallstudie i Göteborg om vegetations effekt på luftföroreningar och buller. De fick liknande resultat som Scott et al. (2017) angående en skillnad i förekomsten av ämnena marknära ozon, O_3 , och kvävedioxid, NO_2 . I undersökningen visade det sig att halten av ozon varierade lite i staden. Kvävedioxidhalten varierade däremot starkt och var högre i situationer som var starkt påverkade av trafik. I studien undersöktes olika aspekter och olika halter av ämnen mättes. Slutsatserna utifrån mätningarna blev att bladarean är en viktig faktor för växtens förmåga att rena luften. De anger även att trädens bark och grenar kan vara viktiga faktorer. Resultaten i studien visade tydligt att parker utgjorde betydligt renare lokala miljöer, sannolikt på grund av att det blir ett visst avstånd till utsläppskällorna (Klingberg et al., 2017).

3.2.1. Växtval med fokus luftkvalitet

Det finns flera olika studier gjorda på växters förmåga att binda och fånga upp partiklar från luftföroreningar. Przybysz et al. (2014) har gjort en studie på tre olika växtarter i tre olika kontexter. Den första platsen var en naturlig plats i jämförelse mot de två andra platserna som var fuktig och torr väggkant. Platserna hade olika halter av föroreningar och nederbörd. I studien använde sig författarna av de tre städsegröna arterna *Taxus baccata*, *Hedera helix* och *Pinus sylvestris*. Resultatet från de olika studierna skiljde sig åt men trenden för vilken växt som klarade upptaget bäst var den samma på alla tre platserna. Studien visade att *Pinus sylvestris* var bäst på alla tre platserna och den tog upp mest partiklar vid den torra väggkanten. Näst bäst på att ta upp partiklar var *Taxus baccata* och sämst blev *Hedera helix*. Den naturliga platsen visade på sämst resultat. I artikeln lyfter de dock att *Hedera helix* kan vara ett mer lämpligt alternativ för gröna väggar i städer och på platser med högre luftföroreningar men med mindre yta för växtlighet. Författarna menar att barrplanteringar kan ha bättre effekt än planteringar med lövfällande växter då barren och de städsegröna bladen sitter kvar över vintern. Barrväxter har överlag en större Blad-Area-Index (Leaf-Area-Index, LAI) än lövfällande arter. Studien visade att det totala upptaget av PM var störst hos kvistar för den lantliga platsen och den våta väggkanten. Vid den torra väggkanten var det dock barren som fångade upp mest PM. Resultatet av studien visade på att de städsegröna växterna tog upp mest PM om de från början växer på en plats med föroreningar samt om växten är skyddad från nederbörd. Författarna lyfter att nederbörd även kan vara gynnsamt då det sköljer bort partiklarna från bladen, vilket gör att bladen kan fånga upp nya partiklar (Przybysz et al., 2014).

Saebo et al. (2013) lyfter städsegröna barrträd som de växter som kan ta upp störst mängd PM under ett år. De menar att lövfällande träd, precis som städsegröna växter, kan ta upp partiklar under vintern men att de tar upp en mindre mängd. Författarna har gjort två olika studier på trädarters förmåga att ta upp och lagra PM. En studie gjordes på 13 träddarter som är vanliga i stadsmiljö i norra Europa. Den andra studien gjordes på 14 prydnadsträddarter i Italien. Resultatet visade på störst lagring av PM₁₀ hos alla växter. I tabell ett och två listas växtval utifrån vilka arter som visade sig vara mest effektiva i studien.

Tabell 1. Växtval effektiva på PM upptag, växter utifrån Saebo et al. (2013).

Mest effektiva på att ta upp PM på bladytan	Arter som hamnade i mitten	Minst effektiva på att ta upp PM på bladytan
<i>Lonicera involucrata</i>	<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Aronia melanocarpa</i>
<i>Taxus baccata</i> 'Sommergold'	<i>Ilex meserveae</i>	<i>Physiocarpus opulifolius</i>
<i>Taxus media</i> 'Densifomis'	<i>Malus toringo</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Taxus media</i> 'Hilli'	<i>Rhododendron sp.</i>	

Tabell 2. Växtval effektiva på PM upptag, växter utifrån Saebo et al. (2013).

Mest effektivt upptag PM _{0.2}	Mest effektivt upptag PM _{2.5}
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Alnus glutinosa</i>
<i>Salix caprea</i>	<i>Rhododendron sp.</i>
<i>Sorbus sorbifolia</i>	<i>Taxus media</i>

I en annan studie med Saebo et al. (2012) undersöktes olika växters förmåga att ta upp PM₁₀, PM_{2.5} och PM_{0.2} via bladen. Studien utfördes i Polen och Norge, där 22 träd och 25 buskar testades. Av de totalt 47 testade arterna var det endast sju arter som testades i båda länderna. Utifrån båda ländernas resultat visade det sig att följande arter var mest effektiva på att fånga in PM: *Pinus mugo*, *Pinus sylvestris*, *Taxus media*, *Taxus baccata*, *Stephanandra incisa* och *Betula pendula*. Tre arter som inte var lika effektiva var *Acer platanoides*, *Prunus avium* och *Tilia cordata*. Tabell tre visar på resultaten från Norge och tabell fyra visar Polens resultat.

Tabell 3: Växters PM upptag Norge, växter utifrån Saebo et al. (2012).

Växter med högt upptag av PM i Norge	Växter med lågt upptag av PM i Norge
<i>Betula pendula</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Pinus mugo</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Pinus sylvestis</i>	<i>Prunus laurocerasus</i>
<i>Salix cinerea</i>	<i>Prunus padus</i>
<i>Skimmia japonica</i>	<i>Symphoricarpus albus</i>
<i>Stephanandra incisa</i>	<i>Tilia cordata</i>

Tabell 4: Växters PM upptag Polen, växter utifrån Saebo et al. (2012).

Växter med högt upptag av PM i Polen	Växter med lågt upptag av PM i Polen
<i>Betula pendula</i>	<i>Cornus alba</i>
	<i>Robinia pseudoacacia 'Frisia'</i>

Svensson och Eliasson (1997) ger förslag på lämplig vegetation intill vägar som är bra luftfiltrerare. Växterna är utvalda efter håriga och klibbiga blad samt tålighet mot luftföroreningar, salt och vind. Några av de olika arterna är *Alnus glutinosa*, *Quercus petraea*, *Ribes alpinum*, *Sorbus intermedia*, *Taxus baccata*, *Tilia platyphylloides* och *Ulmus glabra* (ibid).

Deak Sjöman och Östberg (2020) lyfter att träd kan ta upp kol på olika sätt, en av dessa metoder är kolinlagring. Kol fångas upp från atmosfären och binds i trädet, det vill säga kolinlagring är den mängd kol som är bunden i trädets biomassa. Kol kan även bindas i marken. De fem arter som anges med hög kapacitet till kolinlagring i Malmö bygger på stora och välmående individer och inkluderar *Acer platanoides*, *Fagus sylvatica*, *Populus nigra*, *Populus tremuloides* och *Tilia x europaea*. Kolinlagringen kan räknas om till koldioxid. Författarna lyfter att den totala mängden kolinlagring i Malmö är 39 144 ton, omvandlat till koldioxid är det 143 540 ton (ibid).

3.3. Bullerreducering och vegetation

Forskningsprojektet Hosanna (2013) anger i broschyren "Novel solutions for quieter and greener cities" olika effekter av gröna åtgärder för att reducera ljud. Projektet koordinerades av Chalmers University of Technology och i projektet var 13 stycken partners från sju olika länder involverade och den Europeiska unionen finansierade forskningsprojektet. Författarna lyfter att trafikbuller normalt leder till högre ljudnivåer på akustiskt hård mark som asfalt, i jämförelse med akustiskt mjuk mark som gräs då ljudnivåerna blir lägre. De lyfter att det i stadsmiljöer är viktigt att välja akustiskt mjuka material som kan absorbera ljudreflektioner väl (Hosanna, 2013). Bolund och Hunhammar (1999) lyfter, precis som forskningsprojektet Hosanna (2013), att avståndet, materialet och mängden vegetation påverkar hur högt bullret blir och att hårda ytor transporterar vidare ljud medan mjukare ytor dämpar det. Avståndet till bullerkällan avgör också hur höga bullernivåerna är. Vegetation kan minska bullernivåerna men det varierar (Bolund & Hunhammar, 1999).

Gómes-Baggethun et al. (2013) lyfter att växter reducerar buller på olika sätt och att grönska kan hjälpa till att dämpa buller genom absorption, avvikelser, reflektion och brytning av ljudvågor. Det innebär att ljudet antingen reflekteras bort, absorberas eller sprids från en yta. Vidare lyfter författarna följande faktorer som viktiga för brusreducering av vegetation: täthet, bredd, höjd och längd på trädbälten samt växtens förgrening och bladstorlek. Hosanna (2013) lyfter att växtelement som stjälkar, grenar, kvistar och löv kan minska buller samt att mjuk mark hjälper till att absorbera ljud. Brusreducering lyfts som en ytterligare aspekt som kan minska ljudnivåerna och faktorer som ökar brusreduceringen är en ökad bladarea, bladstorlek och bladvikt. Bladets orientering mot infallande ljudvågor spelar också en viktig roll. (ibid). I Stockholm stads handbok för gröna bullerlösningar (2019) lyfts liknande aspekter kring att bladets yta spelar en större roll än vilken art växten är, samt att det spelar roll vilken vinkel bladet är vinklat mot ljudkällan. De anger att ljudnivån kan minskas med 2-4 dB i trånga gaturum och bostadsgårdar om man använder sig av gröna väggar. För gröna tak anger de att ett platt grönt tak kan sänka ljudnivån med 3 dB, ett lutande tak kan sänka ljudnivån ända upp till 8 dB (Stockholm stad, 2019). Ekologigruppen (2014) lyfter att träd och buskar till viss del kan sänka ljudnivån, städsegröna har då en bättre effekt eftersom de har kvar sina blad även under vintern. Klätterväxter på väggar och gröna tak lyfts som alternativ som kan hjälpa till att sänka bullernivån (ibid).

Hosanna (2013) lyfter vilken effekt gröna fasader och gröna tak kan ha på ett gaturum. De menar att den bullerreducerande potentialen påverkas av vilken vegetation och vilket substrat som väljs samt vilken bredd gaturummet har och hur den gröna väggen placeras i relation mot ljudkällan. Författarna anger att ljudabsorptionen är bättre i samlare gaturum. Enligt deras mätningar kan en grön fasad på 1.5- 4 meters höjd vid sidan om en väg hjälpa till att sänka ljudnivån med 2-3 dB (A). I projektet gjordes undersökningar på ett semi-extensivt (mellan skötselnivå) grönt tak med ett substratdjup på 10 cm på tak runt en bostadsgård. För platta tak visade studien en minskning på 2,5 dB(A) och för vinklade tak med en höjd på 1,5 meters höjd runt bostadsgården minskade ljudnivån med 8 dB(A)(ibid).

Fang och Ling (2003) har gjort en studie på trädbältens effekt på buller. De undersökte 35 olika trädbälten som de kategoriserade i tre olika grupper. Grupp ett bestod av täta buskar och visade sig ha den bästa reduktionseffekten av buller. Häckar som agerar vindskydd kan även vara bullerreducerande. Täta buskar med ett tätt gren- och lövverk och som är högre än mottagaren gav den största brusreduceringen i studien. Grupp två bestod av olika träd som skiljde sig brett åt, men vegetationen stoppade ändå akustiska vågor (ibid). Fang och Ling (2003) drog slutsatsen att buskar och träd med en låg "tree fork" (låg kronutveckling) verkade ha en bättre effekt på bullerdämpning. Den sista gruppen bestod av buskar och träd där förgrening och låg kronutveckling började högre upp. Det medförde att det var

få hinder som stoppade bullret, sista gruppen hade därför en liten effekt på bullret (ibid). Deras resultat och slutsatser visade på att ett trädbältes densitet, höjd, längd och bredd är de mest effektiva faktorerna för reducering av buller. De faktorerna spelar en större roll än vad bladstorleken och växtens förgreningsegenskaper gjorde. De menar på att desto lägre synlighet det var i vegetationen desto bättre var brusreduktionen. Detta på grund av att det innebär en högre densitet med mer lövverk och grenar samt att det blir en större spridningseffekt (ibid). Den slutgiltiga slutsatsen var att för att få bästa effekt behövs buskar och träd i kombination. Planteras buskar under träden ger det den bästa minskningseffekten (Fang och Ling, 2003).

Bolund och Hunhammar (1999) lyfter två motsatta studier på vilken effekt vegetation kan ha på buller. Den ena studien visar att ett buskage som är minst fem meter brett kan minska ljudnivån med 2 dB, samt att en bred plantering på 50 meter kan sänka ljudnivån med 3-6 dB. Den andra studien visar däremot att en tät vegetation på 100 meter bara minskar ljudnivån med 1-2 dB. Renterghem (2014) har tagit fram riktlinjer för att reducera buller med hjälp av icke-djupa trädbälten. I artikeln lyfts att studier visar på olika resultat kring hur tjocka trädbälten behöver vara för att få effekt på buller. Författaren lyfter studier som visar på att trädbälten behöver vara 20-30 meter tjockt för att ha en betydande effekt. Samtidigt lyfts andra studier som visar på att smalare trädbälten kan göra skillnad (ibid). I artikeln lyfts de olika skikten jord, stam och krona fram som olika delar som kan ha en potentiell inverkan på ljuddämpning. Resultatet visar på att jordlagret och stammarna påverkar bullerreduktionen mest. En riktlinje som ges är att sträva efter en hög biomassadensitet, det kan uppnås genom att begränsa avståndet mellan träden samt att öka stamdiametern. Trädens höjd visade sig i allmänhet inte vara avgörande för brusreduktionen (ibid). Författaren lyfter att tidigare beräkningar visade att ett trädbälte med ett djup på 15 meter kunde ge en liknande minskning av trafikbuller som en klassiskt tunn bullervägg med en höjd på 1-2 meter. Är bullerväggen 2-3 meter hög kan den ge liknande resultat som ett 30 meter djupt trädbälte (ibid).

I forskningsprojektet Hosanna (2013) lyfter författarna att en enda rad med träd längs en väg vid ett öppet fält inte påverkar trafikbullret speciellt mycket utan att det krävs flera rader med träd (trädbälte) för att kunna förvänta sig en positiv skillnad. I gaturum med höga byggnader blir bullernivåerna högre av att ljudet reflekteras mellan olika ytor. Författarna lyfter att träd nära vägen kan bidra till att minska bullernivåerna i gatunivå. De menar att ljudet tas upp av trädets grenar, kvistar och löv som sprider ljudet i kronan och gör att en del av ljudenergin (energin i en ljudvåg) absorberas och minskas. En del av ljudet kan omdirigeras ut i uppåtgående riktning och bort från gatan (ibid). Hosanna (2013) anger att låga ljudhinder med en bredd och höjd på upp till en meter är lämpliga bullerbarriärer i tätastadsområden. I forskningsprojektet kom författarna fram till att låga barriärer

nära ljudkällan kan skydda fotgängare, cyklister och närliggande invånare från buller. Ljudnivån i ett gaturum kan då sänkas med 3-12 dB(A). Författarna lyfter att en låg vegeterad barriär på mittrefugen mellan två körfält kan minska bullret med upp till 2 dB (ibid).

3.3.1. Växtval med fokus bullerreducering

Malmö stad (2013) anger i sitt åtgärdsprogram mot buller för 2014-2018 att vegetation på mark, väggar och tak kan dämpa ljudnivån. Som exempel lyfter de att det på en sluten innergård kan dämpa trafikbuller med 3-4 dBA. Växter som täcker stora ytor och som har relativt tätt bladverk är bra till att dämpa buller. Förslag på en växt som kommunen anger har önskvärda egenskaper är *Hedera helix*. Träd och buskar kan dölja en del av bullret och bidra till att bullret upplevs mindre besvärande (Malmö stad, 2013).

Horoshenkov et al. (2013) har skrivit en artikel kring lågväxande växters förmåga att fånga upp ljud. I studien undersöktes fem olika lågväxande arter med relativt hög bladtäthet och med eller utan markunderlag. Plantor valdes efter olika bladmorfologier för att täcka in en större variation och se om det ger en skillnad på växtens förmåga att fånga upp ljud. De fem olika arterna var följande: *Geranium zonale*, *Hedera helix*, *Pieris japonica*, *Primula vulgaris* (sommartid) och *Primula vulgaris* (vintertid). Författarna lyfter, precis som Stockholm stads handbok för gröna bullerlösningar (2019), att bladytan och bladorienteringen är de viktigaste faktorerna för växtens absorptionsförmåga för buller. Högre värden för absorption av ljudvågor av en växt uppnås desto större bladdensiteten och den dominanta bladorienteringsvinkeln är. Resultatet visade på att växter kan absorbera en betydande del av ljudenergin. Ett exemplar av *Primula vulgaris* (vintertid) på 100 mm höjd absorberade 60 procent av ljudenergin. De andra växterna fick sämre resultat och absorberade under 35 procent av ljudenergin. Växterna som fick sämre resultat hade en mindre bladarea totalt sett än *Primula vulgaris* (vintertid). Den växt som hade lägst absorptionsförmåga var *Hedera Helix*, den hade den minsta bladarean. Författarna lyfter att det har diskuterats kring att det kan vara ganska svårt att göra exakta förutsägelser för *Hedera helix*, anledningen är att de har en låg yta per volymenhet och en låg lövvikt. I studien undersöktes olika jordar och resultatet visade på att jordar med hög densitet och hög permeabilitet var effektiva på akustisk absorption (Horoshenkov et al., 2013).

Benkreira et al. (2011) lyfter i en artikel om gröna väggars förmåga att absorbera akustiska ljud att jorden spelar en viktig roll för absorptionen av ljud. Det spelar en stor roll vad för typ av jord det är, samt vilken förmåga den har att absorbera fukt. Studien visade att låg densitet och torrt underlag hade bättre absorptionsförmåga än måttat substrat och lerbaserade jordar hade en begränsad akustisk absorption.

Växterna tar också upp ljud och kan spela en stor roll för hur mycket väggen fångar upp. I deras studie testades tre olika arter vilka är följande: *Pieris japonica*, *Hedera helix* och *Primula vulgaris*. Resultatet visade på att *Primula vulgaris* var bäst på att absorbera akustiskt ljud. Den växt som absorberade minst akustiskt ljud var *Pieris Japonica*.

4. Exempel Bergsgatan i Malmö

Bergsgatan agerar gräns mellan två områden i Malmö, Rådmansvången och Möllevången. Gatan sträcker sig från Södra Förstadsgatan till Amiralsgatan, se figur 1. Längs med Bergsgatan ligger bostäder och olika verksamheter i form av restauranger, närbutiker och handel. Intill gatan ligger två mindre torg samt Möllevångstorget som är ett större torg som omringas med restauranger och caféer, måndagar till lördagar sker det torghandel på torget, se figur 2.



Figur 1. Bergsgatan är markerad i rött från Södra Förstadsgatan till Amiralsgatan. Satellitbilden visar omgivande kontext i Malmö. Google Earth, hämtad 2021-05-19.



Figur 2. Møllevångstorget intill Bergsgatan, 2021-04-23. Foto av Matilda Hellwer.

4.1. Befintlig vegetation

Vid platsbesök den 23:e april 2021 noteras att gatan till största del består av hårdgjorda material som asfalt och gatsten. Idag finns det *Quercus rubra* planterade längs vissa delar av vägen som en rad i mitten. Under träden växer näst intill ingen vegetation. Utifrån figur 3 och 4 kan man se att det växer några enstaka vårblommor i gruset. I södra delen av gatan är det mindre andel vegetation, träden är planterade från mitten av gatan vid møllevångstorget och bort mot Amiralsgatan. Det är avstånd mellan trädplanteringarna vilket skapar luckor längs med gatan utan någon vegetation (figur 5).



Figur 3. Mittrefug på Bergsgatan, Malmö.
Foto av Matilda Hellwer 2021-04-23.



Figur 4. Mittrefug på Bergsgatan, Malmö.
Foto av Matilda Hellwer 2021-04-23.

4.2. Rumsliga förhållanden och vind

Bergsgatan är belägen mitt i centrala Malmö och är omgiven av blandad bebyggelsestruktur företrädesvis från sent 1800-tal. Stadsbyggnadsmodellen som dominerar i området är den så kallade stenstaden, eller kvarterstaden, och medför till rektangulära bostadsgårdar och rätvinkligt gaturät. Trots detta så finns en viss oregelbundenhet mellan kvarteren där gatorna inte följer ett strikt rutnätsmönster utan avviker i olika riktningar. Hushöjderna varierar från en våning till åtta, mest förekommande våningshöjderna är fyra till fem. Själva Bergsgatan är ca 1 km lång och bredden varierar mellan ca 26-31 meter, med fyra till fem körfält samt parkeringsmöjligheter på vänster och höger sida (figur 5).

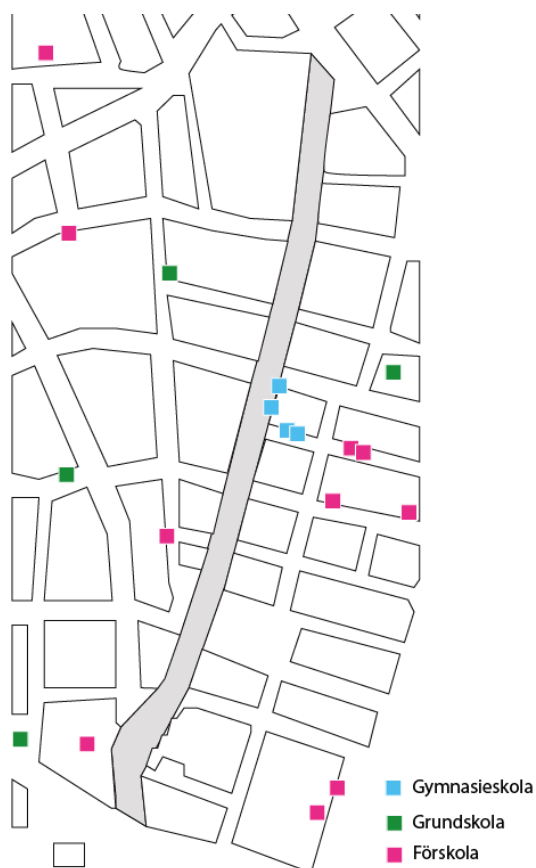
Enligt SMHI (2021) är den mest dominant vindriktningen i Malmö västlig, och därefter är sydvästlig (figur 5). Under mätperioden 2009-2013 var medelvinden 3,2 m/s. Eftersom de flesta mätningar från väderstationer sker utanför staden med liten påverkan från exempelvis byggnader, så blir vindhastigheten och vindriktningen något modifierad på Bergsgatan. Trots att en generell slutsats är att vinden kan antas vara mest dominant från Södra Förstadsgatan (i söder) mot Amiralsgatan (i norr), så kommer vinden att brytas upp på vissa ställen och antingen avta eller förstärkas på grund av Bergsgatans läge i förhållande till kringliggande kvarter och gator.



Figur 5. Bergsgatans ungefärliga bredd utmarkerat på fem olika ställen. Pilen visar att den mest dominerade vindriktningen i Malmö är västlig. Södra Förstadsgatan är närmast i bild och Amiralsgatan i slutet av Bergsgatan. Figuren är skapad av Matilda Hellwer.

4.3. Barn och unga

Folkhälsomyndigheten (2019) framhäver barn som en särskilt utsatt grupp och figur 6. visar på att det ligger förskolor, grundskolor och gymnasieskolor nära Bergsgatan. Åldersstatistik längs med Bergsgatan är framtagen för att ge en inblick i vilka som bor och rör sig intill Bergsgatan. Figur 7 visar utvalda områden för åldersstatistik och tabell 5 visar resultaten från de sex rutorna i figur 7.



Figur 6. Visar på förskolor, grundskolor och gymnasieskolor intill Bergsgatan. Hämtat från Malmö stad (u.å.) karta över kommunala och fristående förskolor. Figuren är skapad av Matilda Hellwer.



Figur 7. Befolkningsstatistik längs med Bergsgatan, Malmö. Hämtat från SCB befolkningsstatistik 2013-2018 och visualiserat/utlästs i ARCGIS. Se tabell 5. Figuren är skapad av Matilda Hellwer.

Tabell 5. Befolkningsstatistik längs med Bergsgatan, Malmö. Hämtat från SCB befolkningsstatistik 2013-2018 och visualiserat/utlästs i ARCGIS. Visar hur många personer som bor intill Bergsgatan, samt åldersfördelningen. Siffrorna är framtagna av Matilda Hellwer.

Ålder	Antal
0-6	731
7-15	534
16-19	292
20-24	713
25-44	3818
45-64	1358
65+	660
Totalt	8106

4.4. Föroreningar Bergsgatan

De vanligaste luftföroreningarna i Malmö under 2019 var kvävedioxid, ozon samt de luftburna partiklar PM_{10} och $PM_{2,5}$ (Miljöförvaltningen, 2019). Bergsgatan är en av tre platser i Malmö som miljöförvaltningen har en mätstation på för att mäta luftföroreningar. Stationen på Bergsgatan är placerad på 3,5 meters höjd och mäter luftföroreningar optiskt, se figur 5. (Miljöförvaltningen, 2008).

Under 2007-2008 visade miljöförvaltningens mätningar av kvävedioxid på en medelhalt på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I rapporten lyfter författarna skillnaden i halterna av kvävedioxid från år 2000/2001 till 2007/2008. Under de sju åren minskade halterna för de flesta mätpunkterna, dock inte för Bergsgatan. Halterna på Bergsgatan hade istället ökat med drygt 20 % från 2000/2001 till 2007/2008. Det berodde troligtvis på en ökad andel trafik och busstrafik. Deras mätningar visade på att det varje dygn passerar runt 16 500 fordon där ca 9 % består av tung trafik och framförallt regionbussar, se figur 6. (Miljöförvaltningen, 2008).

Under de senaste åren har utsläppen av kvävedioxid minskat på Bergsgatan. Under 2019 anges att miljömålet som mest överskreds med 10 %. Figur 10, i miljöförvaltningens rapport 2019, visar att halterna för Bergsgatan var överskridande år 2010-2013. Från år 2013 till 2014 minskade timmedelvärdena drastiskt från ett värde på $188 \mu\text{g}/\text{m}^3$ till $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mellan 2015 och 2019 har timmedelvärdet varierat mellan $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 2019 låg värdet på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Minskningen av utsläppen beror framförallt på nya kollektivstråk där flertalet fordon flyttats (Miljöförvaltningen, 2019). Medelvärdet för kvävedioxid låg under 2019 på $22.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och miljömålet låg på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Medelvärdet för ozon låg på $53,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Datavärdskap luft, U.Å.).

Miljöbarometern (2021) rapporterar ett ozonvärde på $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som senaste värde för 2020 vilket är en försämring sedan 1989 då värdet låg på $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Miljöbarometern, 2021). Malmö mäter och publicerar halterna av ozon och kvävedioxid varje timme. Den 1 mars 2021 kl 15:47 låg halten på Bergsgatan på $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för kvävedioxid och $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för ozon (Miljöförvaltningen, 2021).



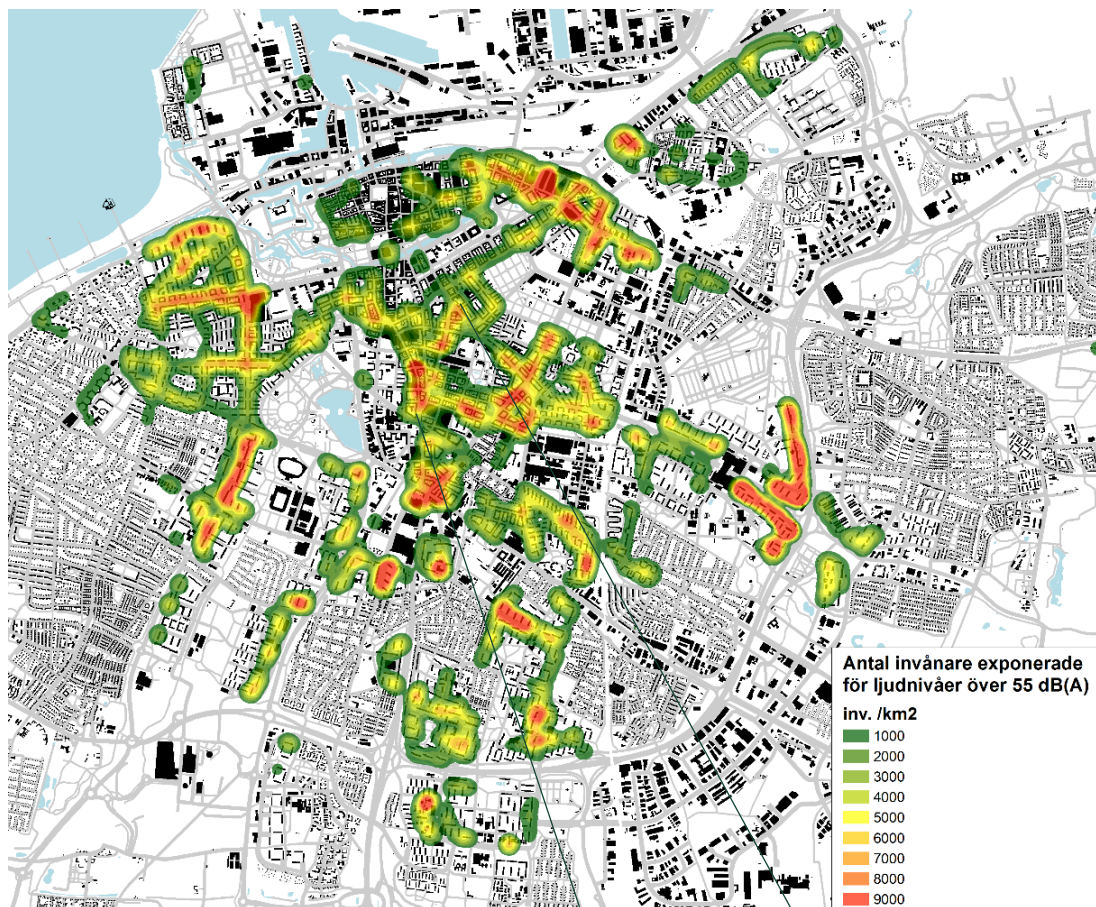
Figur 8. Mätstation Bergsgatan 17, Miljöförvaltningen. Foto av Matilda Hellwer, 2021-04-23.

Figur 9. Bergsgatan. Tung trafik, framförallt regionbussar. Foto av Matilda Hellwer, 2021-04-23.

4.5. Bullernivå Bergsgatan

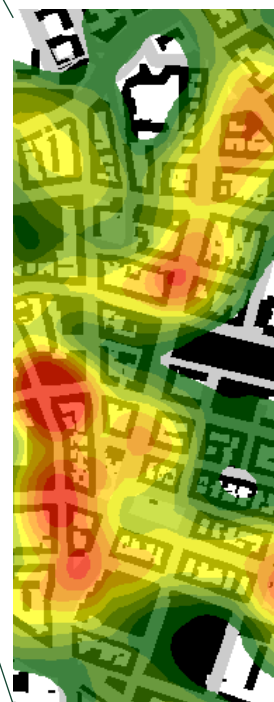
Carvalho & Szlafsztajn (2018) har nämnt att om bullernivån går över 65 dB anses det outhärdligt, när det över 85 dB kan det orsaka permanent hörselnedsättning vid regelbunden exponering. Malmö stad har 2017 kartlagt bullernivåerna i staden. I deras rapport visar kartorna på sida 13 halten av buller från vägtrafik i kommunen. Under dagen uppmättes ljudnivån på Bergsgatan till 70-75 dB(A). Under natten låg ljudnivån på 60-65 dB(A) (Miljöförvaltningen, 2017).

I Malmö stads åtgärdsprogram mot buller 2014-2018 lyfter författarna att omkring 126 000 Malmöbor utsätts för mer än 55 dBA ekvivalentnivå vid sin fasad. Andelen Malmöbor som utsätts för mer än 65 dBA ligger på runt 16 500 personer. I åtgärdsprogrammet finns kartor över bullernivåerna i Malmö, där figur 3 visar att Bergsgatan bedöms ha en ljudnivå som kan uppgå till 65 dBA ekvivalentnivå eller mer vid bostadens fasad. Andra kartanalyser som gjorts är så kallade Hot-Spot-analyser, vilket man kan se i figur 7 och 8 (se nedan). Figur 7 visar på att över 9000 invånare per kvadratkilometer exponeras för över 55 dBA längs med Bergsgatan. Figur 8 nedan visar på att det är lägre andel som utsätts för över 65 dBA längs med Bergsgatan. Utifrån kartan kan man utläsa att Bergsgatan tillhör en av de få gator där det förekommer ljudnivåer över 65 dBA. I den östra delen av Malmö innerstad bor över hälften av stadens befolkning. Inom området finns flera trafikerade vägar som bidrar till att en stor del av de boende utsätts för trafikbuller (Malmö stad, 2013).

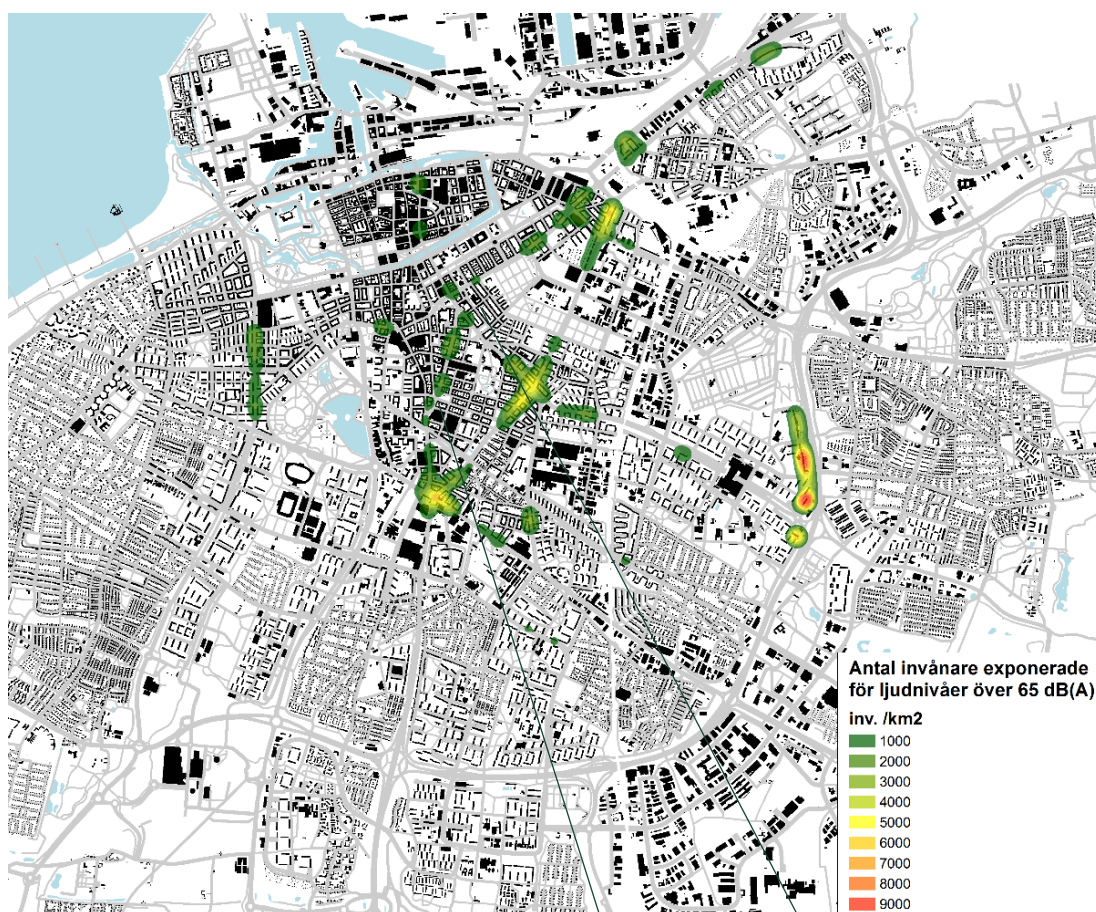


Figur 10. Bulleranalys över Malmö kommun för ljudnivåer över 55 dB(A) där Bergsgatan har förstörats upp för att tydligare kunna utläsa vilka nivåer som råder på Bergsgatan. (Malmö stads åtgärdsprogram mot buller 2014-2018. Sida 37, figur 4).

Godkännande att använda bild mottogs via mail från Malmö Fastighet- och gatukontor den 2021-05-20.



In zoomning på Bergsgatan



Figur 11. Bulleranalys över Malmö kommun för ljudnivåer över 65 dB(A) där Bergsgatan har förstörats upp för att tydligare kunna utläsa vilka nivåer som råder på Bergsgatan. (Malmö stads åtgärdsprogram mot buller 2014-2018. Sida 37, figur 5).

Godkännande att använda bild mottogs via mail från Malmö Fastighet- och gatukontor den 2021-05-20.



In zoomning på Bergsgatan

5. Diskussion

Den allt mer befolkningstäta urbana staden ger upphov till högre nivåer av luftföroreningar och buller. I litteraturstudien lyfts tydligt att buller och luftföroreningar påverkar människors hälsa negativt, på lång sikt kan det få hälsoeffekter i form av hjärt- och kärlsjukdomar. I båda fallen lyfts barn som en särskilt utsatt grupp. Luftföroreningar och buller kan ge negativa hälsoeffekter under barnens uppväxt som följer med upp i vuxen ålder (Naturvårdsverket, 2020c; Folkhälsomyndigheten, 2019). SCB (2019) lyfter att det i framtiden kommer bo allt fler barn i städer och Gómes-Baggethun och Barton (2013) anger att det år 2050 förväntas vara över två tredjedelar av världens befolkning som bor i städer, vilket gör det extra relevant att jobba mer med minskning av buller och luftföroreningar i urbana miljöer. Intill Bergsgatan ligger förskolor, grundskolor, gymnasieskolor, restauranger och bland annat torghandel. Boendestatistik visar på att det bor många barn och ungdomar intill Bergsgatan och verksamheterna längs med gatan lockar folk till att vistas på platsen. Det är tydligt att det är många människor som rör sig längs med Bergsgatan dagligen och som påverkas av både buller och luftföroreningar. Värt att notera att det ligger många skolor nära gatan och att barn framhävs som särskilt känsliga mot luftföroreningar.

Naturvårdsverket (2020d) anger i miljömålen för 2020 att halten av kvävedioxid inte bör överstiga $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och att halten för marknära ozon inte överstiger $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Naturvårdsverket, 2020d). I mars 2021 låg halten på Bergsgatan för kvävedioxid på $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för ozon (Miljöförvaltningen, 2021). Trots att Malmö kommun har gjort insatser för att minska halterna av luftföroreningar på Bergsgatan kan man utläsa att det fortsatt är för höga halter av kvävedioxid. Malmö stads bullerkator, figur 7 och 8, visar på att bullernivåerna är för höga längs med Bergsgatan. På vissa delar av gatan är ljudnivån över 65 dB(A) och Carvalho & Szlafsztein (2018) har nämnt att om bullernivån går över 65 dB anses det outhärdligt. Naturvårdsverket har angett att ljudnivån utomhus vid fasad inte bör överstiga 55 dB(A) ekvivalentnivå och Folkhälsomyndigheten lyfter att Världshälsoorganisationen, WHO, anger en gräns på 53 dB för vägtrafikbuller (Naturvårdsverket, 2020e; Folkhälsomyndigheten, 2021). Bullernivåerna på Bergsgatan är för höga i jämförelse med de satta målen för buller utomhus och i trafikmiljö. Utifrån de negativa hälsoeffekter som nämns för både buller och luftföroreningar kan slutsatsen dras att miljön på Bergsgatan i dagsläget är

ohälsosam. Litteraturstudien visar på att vegetation kan hjälpa till att sänka halterna av luftföroreningar och buller men att de lokala förhållandena är avgörande för hur effektivt det fungerar (Scott et al. 2017; Bolund & Hunhammar, 1999). En utökning av vegetationen på Bergsgatan kan vara den sista åtgärden som behövs för att sänka halten av koldioxid och bullernivåerna till en mer hälsosam nivå.

Växters förmåga att binda partiklar och ta upp luftföroreningar kopplas starkt till växtens karaktär. Faktorer som lyfts fram som viktiga för luftrening är växtens bladarea, stomata, storlek, höjd och krona och om bladen är håriga eller klibbiga på bladytan. Bladarea är en av faktorerna som träder fram som extra viktig för växtens förmåga att rena luften från luftföroreningar. Växter som är större till storlek har en större yta som kan filtrera partiklarna, och det är gynnsamt med en större bladarea på bladet. Filtreringskapaciteten för en växt ökar med lövtäckningsgraden vilket medför att träd tar upp mer än vad buskar och gräs gör. (Carvalho & Szlafsztein, 2018; Bolund & Hunhammar, 1999; Svensson och Eliasson, 1997). Träden på Bergsgatan är relativt stora gatuträd och kan därför antas ha en högre filtreringskapacitet som gynnar platsen.

Städsegröna växter lyfts fram som bättre på luftrening då de har kvar sina barr och blad över vintern, vilket resulterar i en längre tid av upptag än vad lövfällande träd och buskar har. Samtidigt lyfts aspekten att städsegröna växter oftast är känsliga för luftföroreningar och lövträd är bättre på att absorbera gaser (Bolund & Hunhammar, 1999; Svensson och Eliasson, 1997). En slutsats som kan dras utifrån det är att det kan vara svårt att mäta om lövfällande eller städsegröna växter är bättre eller sämre på att rena luft. Idag finns det ingen städsegrön vegetation på Bergsgatan, trädraden av *Quercus rubra* tappar sina blad under vintern vilket gör att det enbart är stam och grenverk som fångar upp partiklar vintertid. Städsegröna växter anges kunna vara mer känsliga mot luftföroreningar, skiljer sig mellan olika arter och vilken typ av förorening som förekommer, vilket gör att det är riskfyllt att plantera dem i en trafikerad gatumiljö med högre halter av luftföroreningar. Risken finns att de städsegröna växterna inte trivs och börjar se slitna ut. Samtidigt finns chansen att en del städsegröna växter kan trivas och då kan ta upp partiklar året om, vilket saknas på Bergsgatan i dagsläget.

Viktiga aspekter att väga in är det lokala klimatet samt vilken/vilka växtarter som väljs i den specifika situationen. Wang et al. (2014) och Bolund och Hunhammar (1999) diskuterar mer kring det lokala klimatets påverkan på luftföroreningarna och växternas förmåga att rena luften. Växter släpper ifrån sig gaser i form av BVOC som kan bli negativt beroende på de lokala förhållandena och vilka reaktioner som sker på platsen. En negativ följd av att det sker en reaktion mellan BVOC med andra ämnen är att ozon kan bildas. Vegetationen på en plats kan även påverka platsen negativt om krontaket blir för tjockt och tätt så att luftföroreningarna hålls kvar på

platsen istället för att filtreras bort (Wang et al., 2014; Bolund & Hunhammar, 1999). Tätheten i vegetationen är en viktig aspekt att ta hänsyn till på Bergsgatan då det är ett gaturum som kantas av husfasader, skulle vegetationen bli för tät finns det möjlighet till turbulens mellan väggarna och under krontaken. Hindras luftföroreningarna från att skingras kan det leda till att luftföroreningarna koncentreras. Därav är det viktigt att behålla avstånden mellan de befintliga trädplanteringarna så luften kan ventileras. SMHI (2021) anger att den dominanta vindriktningen i Malmö är västlig och sydvästlig. Utifrån den dominerande vindriktningen i Malmö är det troligt att vinden dominerar ifrån den södra delen av Bergsgatan upp mot den norra delen. I södra delen av gatan finns nästintill ingen vegetation och vinden kan färdas fritt fram till mitten av gatan där trädplanteringarna eventuellt dämpar eller ändrar riktningen på vinden. Byggnadsstrukturen intill Bergsgatan är ett rutmönstrat kvarterssystem som kan bidra till att vinden kan strömma mer fritt. Mer vegetation i södra delen av Bergsgatan hade kunnat hjälpa till att stoppa upp vinden i ett tidigare skede. Bredden på gatan gör att det inte är lämpligt att plantera fler träd nära de befintliga då det skulle kunna bidra till ett för tätt krontak och därav bidra till turbulens.

I litteraturstudien för bullerreducering blir det tydligt att studier visar på olika resultat kring hur tjock en vegetation behöver vara för att ge resultat, samt att det är skillnad på olika växters förmåga att absorbera ljud. Det finns olika gröna lösningar som kan reducera ljud, i detta arbete diskuteras gröna tak och väggar samt vegetation på marknivå i form av trädbälten. Karaktärer som lyfts fram för bullerreducering är täthet, bredd, höjd och längd på trädbälten samt växtens förgrening och bladstorlek (Gómes-Baggethun et al., 2013). Andra aspekter som lyfts är att mjuka ytor absorberar ljud bättre än hårda samt att bladets vinkel i relation till ljudkällan påverkar hur mycket akustiskt ljud växten tar upp (Stockholm stad, 2019; Hosanna, 2013; Horoshenkov et al., 2013). Brusreducering lyfts som en ytterligare aspekt som kan minska ljudnivåerna och faktorer som ökar brusreduceringen är en ökad bladarea, bladstorlek och bladvikt (Hosanna, 2013). Bergsgatan består till majoritet av hårdgjorda ytor som inte absorberar ljudet utan istället leder ljudet vidare. Träden på Bergsgatan kan antas ha en viss brusreducerande effekt men inte under vintern då träden tappat alla sina blad.

Det är delade meningar i litteraturen kring hur bra trädbälten fungerar vid mindre djup. Renterghem (2014) och Bolund och Hunhammar (1999) lyfter studier som visar på att ett trädbälte måste vara flera meter djupt för att få effekt på buller. Samtidigt anger Renterghem (2014) att smala trädbälten kan ha en viss effekt på bullret. I artikeln hänvisas till beräkningar som visade att ett trädbälte med ett djup på 15 meter kunde ge en liknande minskning av trafikbuller som en klassiskt tunn bullervägg med en höjd på 1-2 meter. Är bullerväggen 2-3 meter hög kan den ge liknande resultat som ett 30 meter djupt trädbälte. Hosanna (2013) lyfter att

trädbälten är lämpliga vid vägar med öppna landskap runt men att det i stadsområden är mer lämpligt med gröna lösningar som tar mindre plats. Författarna anger att trädrader kan göra skillnad för bullernivåerna genom brusreducering. Trädets krona hjälper till att minska och dölja ljudet. Låga bullerbarriärer av vegetation längs med gatan kan hjälpa till att sänka ljudnivån för gående, cyklister och boende intill gatan.

Trädbälten är inte en lämplig metod på Bergsgatan då utrymmet är för smalt. För att kunna åstadkomma ett tunt trädbälte skulle ett körfält i varje riktning behöva göras om till växtbäddar. Det skulle innebära att vegetationen stod i centrum för gatan istället för trafiken. Minskningen i trafiken och framkomligheten skulle troligen leda till lägre halter av både luftföroreningar och buller längs med gatan, men det skulle vara svårt att åstadkomma ett trädbälte på Bergsgatan ur trafiksynpunkt. Alternativet är att tillföra låga bullerbarriärer i den befintliga mittrefugen som exempelvis låga bullerväggar eller buskage. Ytterligare ett alternativ skulle vara att ta bort parkeringsplatserna längs med vägen som ligger intill trottoarerna. Omvandlas de till växtbäddar kan de skydda cyklister och gående på trottoaren genom att dämpa trafikbullret något från vägen. Värt att nämna är att en minskning i trafik på en plats oftast flyttar trafiken och problematiken till en annan plats.

Andra gröna lösningar som tar lite plats och är lämpliga i trånga gaturum är gröna väggar och tak. Benkreira et al. (2011) lyfter att jorden spelar en viktig roll för absorptionen av ljud i gröna väggar. Vilken typ av jord det är, samt vilken förmåga den har att absorbera fukt är viktiga faktorer. Studien visade att låg densitet och torrt underlag hade bättre absorptionsförmåga än mättat substrat och lerbaserade jordar hade en begränsad akustisk absorption (ibid). Bergsgatan kantas av många äldre byggnader med en vacker arkitektur vilket gör att det eventuellt inte lämpar sig lika bra med gröna väggar. Det finns en större potential till att undersöka om en del tak kan omvandlas till gröna tak.

De mest optimala insatserna på Bergsgatan är troligen att fokusera på att tillföra mer vegetation under träden, minska andel hårdgjorda ytor och tillföra ett mark- och buskskikt. En svårighet kan vara att ett buskskikt kan skymma sikten för trafiken och därför inte tillåts enligt restriktioner för trafikmiljö, alternativt att låga buskskikt kan tillåtas. En kombination av ökad vegetation i mitten, gröna väggar och gröna tak hade kunnat förbättra miljön på Bergsgatan positivt. Tillföra en blandning av städsegröna växter och lövfällande är mest optimalt, som komplement till de *Quercus rubra* som växer på Bergsgatan idag. Om fler träd planteras in bör det övervägas att välja en annan trädart som säkert lyfts fram som effektiv utifrån ekosystemtjänsten luftrening. Det grundar sig i att Saebo et al. (2013) i litteraturstudien lyfter fram *Quercus robur* som mindre effektiv på luftrening.

Samtidigt lyfter Svensson och Eliasson (1997) *Quercus petrea* som ett bra alternativ till luftrening, det visar på att det finns olika kapaciteter och egenskaper inom samma släkte och att det är viktigt att förstå hur kvalitéter skiljer sig åt på artnivå och inom olika sorter. Tabell 5 lyfter flera olika växtval som lyfts fram som effektiva luftrenare i litteraturstudien.

Tabell 6: Sammanställning växtval för luftrening. Växterna är hämtade från följande studier Przybysz et al., 2014; Saebo et al., 2013; Saebo et al., 2012; Svensson och Eliasson, 1997 & Deak Sjöman och Östberg, 2020.

Effektivare växter på luftrening	Mindre effektiva växter på luftrening
<i>Acer platanoides</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Aronia melanocarpa</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Cornus alba</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Hedera helix</i>
<i>Lonicera involucrata</i>	<i>Physiocarpus opulifolius</i>
<i>Pinus mugo</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Prunus laurocerasus</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>Prunus padus</i>
<i>Populus tremuloides</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Quercus petrea</i>	<i>Robinia pseudoacacia 'Frisia'</i>
<i>Rhododendron sp.</i>	<i>Symphoricarpus albus</i>
<i>Ribes alpinum</i>	<i>Tilia cordata</i>
<i>Salix caprea</i>	
<i>Salix cinerea</i>	
<i>Skimmia japonica</i>	
<i>Sorbus intermedia</i>	
<i>Sorbus sorbifolia</i>	
<i>Stephanandra incisa</i>	
<i>Taxus baccata</i>	
<i>Taxus baccata 'Sommeregold'</i>	
<i>Taxus media</i>	
<i>Taxus media 'Densiflora'</i>	
<i>Taxus media 'Hilli'</i>	
<i>Tilia x europaea</i>	
<i>Tilia platyphylloides</i>	
<i>Ulmus glabra</i>	

Tabell 6: Sammanställning växtval för bullerreducering, utifrån Horoshenkov et al., (2013) & Benkreira et al. (2011).

Effektivare växter på bullerreducering	Mindre effektiva växter på bullerreducering
<i>Geranium zonale</i>	<i>Hedera helix</i>
<i>Hedera helix</i>	<i>Pieris japonica</i>
<i>Primula vulgaris</i>	

Många av studierna kring växters förmåga att ta upp partiklar, rena luften och reducera buller är gjorda i länder utanför Skandinavien. Det gör att de olika studiernas resultat inte med säkerhet kan appliceras i svenskt klimat och få samma resultat. Utifrån litteraturstudien märks en brist på publicerad forskning kring de reglerande ekosystemtjänsterna luftrening och bullerreducering i svenska urbana miljöer. Jämförs tabell 5 och 6 blir det tydligt att det verkar ske mer forskning kring växtval utifrån luftrening tillskillnad från bullerreducering där bara tre arter lyfts som bra växtval. Flera studier påvisar att det är viktigt att integrera ekosystemtjänster i stadsplaneringen men för att det ska ske på ett effektivt och lönsamt vis krävs en faktagrund att stå på. En annan intressant aspekt är att många av studierna var gjorda längs med trafikerade vägar utanför städer där det finns mer plats för bredare vegetation som kan ta upp mer luftföroreningar och ha en större effekt på bullernivåerna. Problematiken på Bergsgatan kan därför vara svår att jämföra med litteraturen och experimenten på andra platser i världen med liknande problem. Litteraturen kan istället ge riktlinjer för vad som skulle kunna vara lämpligt på Bergsgatan men att det är viktigt att ta hänsyn till det lokala klimatet.

5.1. Lämpliga växtval i urban miljö

I tabell 5 lyfts alla växtval som angetts som effektiva på luftrening. Tre olika studier lyfte *Taxus baccata* som effektiv på luftrening samt de olika sorterna *Taxus baccata* 'Sommergold', *Taxus media* 'Densifomis' och *Taxus media* 'Hilli'. Deras studier visar alla på att släktet *Taxus* är ett lämpligt växtval för att rena luften från luftföroreningar. *Taxus* lyfts även fram som ett släkte som är mer tolerant mot trafikföroreningar samt salt (Przybysz et al., 2014; Saebo et al., 2013; Svensson och Eliasson, 1997). *Pinus* lyfts fram som ett bra släkte för att fånga upp PM men anges vara sårbara för föroreningar. Saebo et al. (2012) och Przybysz et al. (2014) lyfter fram de två olika arterna *Pinus sylvestris* och *Pinus mugo* som effektiva.

Saebo et al. (2013) och Svensson och Eliasson (1997) lyfter *Alnus glutinosa* som en effektiv luftrenare. *Alnus glutinosa* växer bra i förorenad luft och är bra på att fånga upp luftföroreningar i form av partiklar på sina klabbiga blad och skott. Föroreningarna fastnar bra på löven och blåser inte iväg lika lätt, de följer sedan med bladen ner på marken under hösten och förmultnar ner i jorden (Svensson och Eliasson, 1997).

Arter inom släktena *Tilia* och *Quercus* lyfts fram som både effektiva och mindre effektiva på luftrening. *Tilia platyphyllos* och *Tilia x europaea* lyfts fram som effektiva på luftrening till skillnad från *Tilia cordata* som lyfts fram som mindre effektiv. *Quercus robur* anges vara mindre effektiv på luftrening och *Quercus petraea* anges vara ett bra alternativ till luftrening (Svensson och Eliasson, 1997; Saebo et al., 2012)

Flera arter inom släktet *Prunus* har visat sig mindre effektiva vad gäller omhändertagande av luftreningar. Detta gäller exempelvis *Prunus avium*, *Prunus laurocerasus* och *Prunus padus* (Saebo et al., 2012). I litteraturstudien lyftes *Hedera helix* fram som en mindre effektiv växt på luftrening men den visade sig vara bra och dålig utifrån egenskapen bullerreducerande (Horoshenkov et al., 2013; Malmö stad, 2013). *Primula vulgaris* lyftes fram i två olika studier som ett annat exempel på växt som är bra för bullerreducering (Benkreira et al., 2011; Horoshenkov et al., 2013).

Figur 6 visar på de växter som tas upp för växtval utifrån bullerreducerande. Väldigt få studier tog upp exempel på växtval utifrån egenskapen bullerreducerande. De flesta studier diskuterade istället vegetationstyp eller vilka karaktärer som var gynnsamma.

5.2. Metoddiskussion

Litteraturstudien har till majoritet utgått ifrån vetenskapliga artiklar samt rapporter från olika myndigheter. I litteraturstudien har olika källor lyft information kring samma fakta vilket visar på en bredare uppfattning kring ämnet. Fallstudien har utgått från Malmö stads kommundokument, ett platsbesök och olika dokument från myndigheter. Kommundokumentet är inte lika trovärdiga som de vetenskapliga artiklarna då Malmö stad ofta är andrahands källan till information de lyfter. Det optimala är att undersöka vilka förstahandskällor som Malmö stad har använt sig av för att se om det är bra och trovärdiga källor, men i vissa fall var det inte möjligt.

Det var svårt att hitta studier kring växtval kopplat till bullerreducering och luftrening som var utförda i svenskt klimat. Mycket av materialet kom från USA,

Asien samt några länder i Europa. I litteraturstudien lyftes aspekten att det lokala klimatet spelar roll för hur väl vegetationen kan dämpa buller och rena luft. Resultatet kring lämpliga växter kan därför vara felaktiga eller visa sig vara mindre lämpade för svenskt klimat. Det hade varit intressant att ta del av ytterligare litteratur med erfarenheter från projekt i Sverige.

Detta arbete avgränsades till Bergsgatan i Malmö där fokus huvudsakligen riktats på buller och luftföroreningar och utifrån de förutsättningar som inverkar på dessa. Förutom växtval så spelar även rumsliga förhållanden en stor roll samt vindens rörelsemönster och inför en verklig planering och projektering bör djupare analyser genomföras kring detta. I studien har inte hänsyn tagits till växtbäddarnas storlek och utformning på platsen. Mängden salt från bilvägarna som hamnar i växtbäddarna är en intressant aspekt som inte undersökts. Växtvalet har enbart utgått ifrån att hitta lämpliga arter för partikelupptag och bullerreducering, som skulle kunna förbättra miljön på Bergsgatan.

5.3. Slutsatser

Arbetet utgick från de två följande frågeställningarna:

- Hur kan de reglerande ekosystemtjänsterna luftrening och bullerdämpning påverka en trafikerad urban miljö?
- Hur kan lämpliga växter hjälpa till att förbättra luftkvaliteten och sänka bullernivåerna på Bergsgatan i Malmö?

Litteraturstudien visar att vegetation på olika vis kan hjälpa till med luftrening och bullerreducering men att de lokala förhållandena på en plats spelar en stor roll för hur effektivt det sker, samt att det finns olika risker som det bör tas hänsyn till. En slutsats som dras är att det inte är enkelt att planera utifrån att vegetation ska ha en viss önskad effekt på en plats. Lösningarna måste vara skraddarsydda för de platsspecifika förhållandena och därav kan specifika växtval och lösningar inte lyftas fram som det bästa alternativet för alla situationer.

Ekosystemtjänster lyfts fram som en viktig aspekt som det behöver tas mer hänsyn till i samhällsplanering. Det blev tydligt att man i Sverige har forskat mindre på olika växters förmåga att rena luft och vara bullerreducerande. För att bättre kunna möta kommande klimatförändringar behövs mer kunskap kring ekosystemtjänster och växters egenskaper i svenska urbana miljöer.

Barn lyfts fram som en särskilt känslig grupp för luftföroreningar och buller. SCB (2019) lyfte att det i framtiden kommer bo allt fler barn i städer och urbana miljöer

utgör de platser där barnen utsätts för högre halter av luftföroreningar och buller. Utifrån barnperspektivet behöver mer fokus läggas på att förbättra miljön i städer och minska utsläppen och bullernivåerna. Bergsgatans miljö är inte optimal för de barnen som går i skolorna intill gatan och som bor i området. Det är många människor som rör sig längs med Bergsgatan dagligen och påverkas av de högre nivåerna av buller och luftföroreningar. Alla i samhället skulle gynnas av att jobba mer mot att minska nivåerna av luftförorening och buller i urbana miljöer.

I studien lyfts det att nivåerna av utsläpp och buller på senare år har blivit bättre, men det är fortsatt många som exponeras för högre halter än vad som anses hälsosamt. Fallstudien på Bergsgatan visade att kommunen gjort åtgärder för att minska den högre halten av utsläpp och buller men trots förändringar i trafiken är det fortsatt för höga värden på gatan. En utökning av den vegetation som finns på gatan i dagsläget hade kunnat bidra med att sänka nivåerna för utsläppen samt bullret.

Slutligen hade det varit intressant att följa Malmös arbete mot att bättre implementera ekosystemtjänster såsom luftrening och bullerreducering i samhällsplaneringen för de urbana miljöerna. Det finns fler gator i Malmö där det är för höga halter av luftföroreningar och buller. Faktorer som yrkesverksamma inom exempelvis planering och projektering bör ta hänsyn till är gatans rumsliga placering i det omkringliggande stadslandskapet och hur denna struktur inverkar på vindens styrka och rörelsemönster. Detta ger i sin tur en fingervisning till var och hur olika växter och vegetationsbyggnader kan inkluderas för att på bästa sätt fånga upp partiklar och dämpa buller. Kanske blir resultatet att inte hela gatusträckan planteras utan att strategiska punktinsatser är tillräckliga för att skapa en maximal effekt trots brist på utrymme. Det skulle vara intressant att se Malmö stad jobba mer med att applicera skräddarsydda lösningar där olika växtval och gestaltningar kan bidra till bättre luftkvalitet och ljudlandskap, samtidigt som ekosystemtjänster integreras i plan- och byggprocessen så att människor som bor i städer kan ta del av de tjänster som naturen erbjuder oss.

Referenser

Tryckta källor:

- Baik, J.J. Kwak, K.H. Park, S.B. & Ryu, Y.H. (2012). Effects of building roof greening on air quality in street canyons. *Atmospheric Environment*. 61, 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.06.076>
- Benkreira, H. Horoshenkov, K.V. Khan, A. Mandon, A. & Rohr, R. (2011). The effect of drying on the acoustic absorption of novel green noise insulation. *University of Bradford*.
http://www.uibcongres.org/imgdb/archivo_dpo10950.pdf
- Bolund, P. & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*. 29(2), 293-301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- Carvalho, R.M.D. & Szlafsztein, C.F. (2018). Urban vegetation loss and ecosystem services: The influence on climate regulation and noise and air pollution. *Environmental Pollution*. 249, 844-852.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.114>
- Fang, C.F. & Ling, D.L (2003). Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape and Urban Planning*. 63, 187-195.
[https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00190-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00190-1)
- Folkhälsomyndigheten (2019). *Hälsoeffekter av buller och höga ljudnivåer*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/h/halsoeffekter-av-buller-och-hoga-ljudnivaer/?pub=60532>
- Folkhälsomyndigheten (2021). *Miljöhälsorapport 2021 - Barns miljörelaterade hälsa*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/m/miljohalsorapport-2021/?pub=88328>
- Gómes-Baggethun, E. & Barton, D.N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*. 86, 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>

- Gómes-Baggethun, E. Gren, Å. Barton, D.N. Langemeyer, J. McPhearson, T. O'Farrell, P. Andersson, E. Hamstead, Z. & Kremer, P. (2013). Urban Ecosystem Services. *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*. 175-251.
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-7088-1_11
- Gustafsson, M. Lindén, J. Tang, L. Forsberg, B. Orru, H. Åström, S. & Sjöberg, K. (2018). Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts. *IVL Swedish Environmental Research Institute*. C 317. <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1242584/FULLTEXT01.pdf>
- Hellma, M. & Skog, M. (2018). *Ståndortsanpassat växtmaterial i urbana områden - exempelsamling för ökad mångfald i stadens grönsstruktur*. SLU. https://stud.epsilon.slu.se/13952/1/hellman_et_al_180703.pdf
- Hirons, A. D., Thomas, P. A., Tree Water Relations. Kapitel i boken *Applied Tree Biology*. Hirons, A. D., Thomas, P. A. (red.), Wiley & Sons Ltd.
- Horoshenkov, K. Khan, A. & Benkreira, H. (2013). Acoustic Properties of Low Growing Plants. 133(5):2554-65. <https://www.researchgate.net/publication/236662584>
- Hosanna (2013). *Novel solutions for quieter and greener cities*.
http://www.hosanna.bartvanderaa.com/includes/upload/DELIVERABLES/HSNNA_SUMMARY_BROCHURE_JANUARY_2013.pdf
- Jayakody, H. Petrie, P. Boer, H. J. d. & Whitty, M. (2021). A generalised approach for high-throughput instance segmentation of stomata in microscope images. *Plant Methods*. 17, 27.
<https://doi.org/10.1186/s13007-021-00727-4>
- Johansson, B. Sjölander, P. Eklund, J. och Företagshälsans riktlinjegrupp (2016). *Riktlinjer för mätning av bullerexponering. En sammanställning från Företagshälsans riktlinjegrupp 5/2016*. Enheten för interventions- och implementeringsforskning, Institutet för miljömedicin (IMM), Karolinska Institutet.
https://www.kth.se/polopoly_fs/1.686471.1550158422!/Riktl_buller_webb.pdf
- Kleerekoper, L. Esch, M.V. & Salcedo, T.B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*. 64, 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004>

- Klingberg, J. Broberg, M. Strandberg, B. Thorsson, P. & Pleijel, H. (2017). Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure - A case study in Gothenburg, Sweden. *Science of The Total Environment*. 599-600, 1728-1739. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.051>
- Länsstyrelsen (2017). *Miljöhälsorapport Skåne 2017*.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2780e61716999f26bcf9e/1553071210343/Milj%C3%B6h%C3%A4lsorapport%202017.pdf>
- Malmö stad (2013). *Malmö stads åtgärdsprogram mot buller 2014-2018*. Gatukontoret.
<http://miljobarometern.malmo.se/content/docs/%C3%85tg%C3%A4rdsprogram%20mot%20buller%2014-2018.pdf>
- Miljöförvaltningen (2019). *Luften i Malmö 2019*. Malmö stad. [https://malmo.miljobarometern.se/content/docs/Luften i Malm%C3%B6 2019.pdf](https://malmo.miljobarometern.se/content/docs/Luften%20i%20Malm%C3%B6%202019.pdf)
- Miljöförvaltningen (2008). *Mätning med passiva provtagare i Malmö under vintern 2007/2008*. Malmö stad.
<https://malmo.se/download/18.663ce4af1240ed89c73800091761/1491306384156/08-2008%20-%20M%C3%A4tning%20med%20passiva%20provtagare%20i%20Malm%C3%B6%20under%20vintern%202007-2008.pdf>
- Miljöförvaltningen (2017). *Rapport - Kartläggning av omgivningsbuller 2017*. Malmö stad.
<https://malmo.se/download/18.5cba257415fdf4a09f5c1e4/1511335928174/Rapport%20Kartl%C3%A4ggning%20av%20omgivningsbuller%202017.pdf>
- Naturvårdsverket (2020d). *Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020 - Med fokus på statliga insatser*. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/6900/978-91-620-6919-3.pdf?pid=26466>
- Naturvårdsverket (2021b). *Naturbaserade lösningar – ett verktyg för klimatanpassning och andra samhällsfunktioner*.
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-filer/6900/978-91-620-6974-2.pdf?pid=28373>
- Przybysz, A. Saebo, A. Hanslin, H.M. & Gawronski, S.W. (2014). Accumulation of particulate matter and trace elements on vegetation as affected by pollution level, rainfall and the passage of time. *Science of The Total*

- Enviroment*. 481, 360-369. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.072>
- Regeringen (2018). *Strategi för Levande städer - politik för en hållbar stadsutveckling*. (Regeringens skrivelse 2017/18:230) Stockholm: Sveriges Riksdag. <https://data.riksdagen.se/fil/481EAF83-12CF-490E-9D7A-16E094F29CC7>
- Renterghem, T. V. (2014). Guidelines for optimizing road traffic noise shielding by non-deep tree belts. *Ecological Engineering*. 69, 276-286. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.04.029>
- Saebo, A. Hanslin, H.M. Baraldi, R. Rapparini, F. Gawronska, H. & Gawronski, S.W. (2013). Characterization of Urban Trees and Shrubs for Particulate Deposition, Carbon Sequestration and BVOC Emissions. *ISHS Acta Horticulturae 990: II International Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone*. [10.17660/ActaHortic.2013.990.66](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.990.66)
- Saebo, A. Popek, R. Nawrot, B. Hanslin, H.M. Gawronska, H. & Gawronski, S.W. (2012). Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of the Total Enviroment*. 427-428, 347-354. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.084>
- Scott, A.A. Yli-Pelkonen, V. Viippola, V. & Setälä, H. (2017). Trees in urban parks and forests reduce O₃, but not NO₂ concentrations in Baltimore, MD, USA. *Atmospheric Environment*. 167, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.08.020>
- Sjöber, K. Haeger-Eugensson, M. Forsberg, B. Åström, S. Hellsten, S. Larsson, K., Björk & A. Blomgren, H. (2009). *Quantification of population exposure to PM_{2.5} and PM₁₀ in Sweden 2005*. Rapport, B₁₇₉₂, IVL/Umeå universitet. https://www.researchgate.net/publication/280300394_Quantification_of_population_exposure_to_PM25_and_PM10_in_Sweden_2005
- Deak Sjöman, J., Sjöman, H. & Johansson, E. (2015). *Staden som växtplats*. Kapitel i boken *Träd i urbana landskap*, Sjöman, H och Slagstedt, J. (red.), Studentlitteratur, Lund.
- Deak Sjöman, J. & Östberg, J. (2020). *I-Tree Sverige - För strategiskt arbete med träds ekosystemtjänster*. Rapportnummer 13. https://pub.epsilon.slu.se/21754/1/deak_sj%C3%B6man_j_%C3%B6stberg_j_210126.pdf

- Stockholm stad (2019). *Gröna lösningar för en bättre ljudmiljö*. <https://tillstand.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/tillstand-och-regler/tillstand-regler-och-tillsyn/lokal-och-fastigheter/handbocker-och-riktlinjer-vid-byggnation-i-stockholm/grona-losningar-for-en-bättre-ljudmiljo.pdf>
- Svensson, M. & Eliasson, I. (1997). *Grönstrukturens betydelse för stadens ventilation*. Vegetationens renande förmåga – en litteratursammanställning. Göteborgs Universitet.
- Vieira, J. Matos, P. Mexia, T. Silva, P. Lopes, N. Freitas, C. Correia, O. Santos-Reis, M. Branquinho, C. & Pinho, P. (2018). Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. *Environmental Research*. 160, 306-313. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.006>
- Wang, Y. Bakker, F. Groot, R.d. & Wörtche, H. (2014). Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review. *Building and Environment*. 77, 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.021>
- Elektroniska källor:
- Boverket (2019). *Typer av ekosystemtjänster - PBL kunskapsbanken*. https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/det_har/typer/ [2021-04-07]
- Datavärdskaap luft (U.Å.) *SMHI*. <https://datavardluft.smhi.se/portal/yearly-statistics?M=1280&S=24982&P=7&P=8&Y=2019&vs=0:0:79:0:0:0:0> [2021-04-07]
- Ekologigruppen (2014). *Ekosystemtjänster ur ett kilperspektiv*. https://goteborgsregionen.se/download/18.5fead95a14972bd5ac05da79/1415087376806/6540_Metod_ekosystemtjanster_3_0_141031_slutrapport.pdf s.37 [2021-04-14]
- Google Earth (2021). <https://earth.google.com/web/@55.59701481,13.01637443,5.59324134a,6018.64737843d,34.99996286y,0.58447292h,10.16061832t,0r/data=MicKJQojCiExOC1CVGRNNDlhUllQWkdSR3d4T3F1U3RSYy1pYmpuRTQ> [2021-05-19]

- Goude, M. (2019). Ljus idé för att beräkna tillväxt. *Skog Alnarp, SLU*. Augusti. Nr 59.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ssv/nyheter/nyhetsbrev_tillvaxt.pdf [2021-05-02]
- Malmö stad (u.å.). *Befolkning*. <https://malmo.se/Fakta-och-statistik/Befolkning.html> [2021-05-01]
- Malmö stad (u.å.). *Karta över kommunala och fristående förskolor*.
https://kartor.malmo.se/rest/leaf/1.0/?zoom=12¢er=13,55.58&ol=adress,kommunal_forskola,ickekom_forskola&bl=stadskartan&config=../configs-1.0/malmo_atlas.js [2021-06-01]
- Malmö stad (2020). *Möllevångstorget*. <https://malmo.se/Uppleva-och-gora/Arkitektur-och-kulturarv/Torg-i-Malmo/Mollevangstorget.html> [2021-06-03]
- Miljöbarometern (2021). *Halten av marknära ozon*. Malmö stad.
<http://miljobarometern.malmo.se/miljoprogram/stadsmiljo/renare-och-tystare/halten-av-marknara-ozon/> [2021-04-20]
- Miljöförvaltningen (2021). *Luften i Malmö*. Malmö stad. <https://malmo.se/Bo-och-leva/Stadsmiljo-och-trafik/Laget-i-staden/Luften-i-Malmo.html> [2021-03-01]
- Naturvårdsverket (2020a). *Ekosystemtjänster*. <https://www.naturvardsverket.se/ekosystemtjanster> [2021-03-25]
- Naturvårdsverket (2020c). *Fakta om partiklar i luft*.
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Partiklar/> [2021-05-02]
- Naturvårdsverket (2020b). *Miljö kvalitetsnormer för utomhusluft*.
<https://www.naturvardsverket.se/mknluft> [2021-04-21]
- Naturvårdsverket (2020e). *Riktvärden för buller från vägar och järnvägar vid nybyggnation*. <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Buller/Buller-fran-vagar-och-jarnvagar-nybyggnation/> [2021-04-21]
- Naturvårdsverket (2021a). *Transporterna och miljön*.
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Transporter-och-trafik/> [2021-04-21]

SCB (2019). *Fler barn bor i storstäder i framtiden*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/artiklar/2019/ fler-barn-bor-i-storstader-i-framtiden/> [2021-04-21]

SLU Artdatabanken (2020). *Vad är ekosystemtjänster?*.
<https://www.artdatabanken.se/arter-och-natur/biologisk-mangfald/vad-ar-ekosystemtjanster/> [2021-03-25]

SMHI (2021). *Vind i Sverige*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/vind-i-sverige-1.31309>

Sveriges miljömål (2021). *Metod för stadsgrönska och ekosystemtjänster i urbana miljöer*. <https://sverigesmiljomal.se/etappmalen/metod-for-stadsgronska-och-ekosystemtjanster-i-urbana-miljoer/> [2021-03-25]

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.